



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE SHEWHART, CUSUM VE
EWMA KONTROL KARTLARI İLE YAPAY SİNİR AĞLARININ
BÜTÜNLEŞİK KULLANIMI:
BİR ORMAN ENDÜSTRİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA**

HAZIRLAYAN

RIFAT KURT

DANIŞMAN

PROF. DR. SELMAN KARAYILMAZLAR

BARTIN-2018



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE SHEWHART, CUSUM VE EWMA
KONTROL KARTLARI İLE YAPAY SİNİR AĞLARININ BÜTÜNLEŞİK
KULLANIMI: BİR ORMAN ENDÜSTRİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN

Rıfat KURT

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	:	Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Doç. Dr. Alper AYTEKİN	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Doç. Dr. Ramazan AKSOY	-	Bülent Ecevit Üniversitesi
Üye	:	Yrd. Doç. Dr. Yıldız ÇABUK	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK	-	Düzce Üniversitesi

BARTIN-2018

KABUL VE ONAY

Rıfat KURT tarafından hazırlanan “İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE SHEWHART, CUSUM VE EWMA KONTROL KARTLARI İLE YAPAY SİNİR AĞLARININ BÜTÜNLEŞİK KULLANIMI: BİR ORMAN ENDÜSTRİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA” başlıklı bu çalışma, 15.01.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR (Danışman)

Üye : Doç. Dr. Alper AYTEKİN

Üye : Doç. Dr. Ramazan AKSOY

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yıldız ÇABUK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR danışmanlığında hazırlamış olduğum “İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE SHEWHART, CUSUM VE EWMA KONTROL KARTLARI İLE YAPAY SİNİR AĞLARININ BÜTÜNLEŞİK KULLANIMI: BİR ORMAN ENDÜSTRİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA” başlıklı doktora tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

15.01.2018

Rıfat KURT

ÖNSÖZ

“İstatistiksel Süreç Kontrolünde Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Kartları İle Yapay Sinir Ağlarının Bütünleşik Kullanımı: Bir Orman Endüstri İşletmesinde Uygulama” adlı bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda, Doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Doktora tez konumun belirlenmesi ve çalışmanın hazırlanması esnasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, tezin bilimsel danışmanlığını üstlenen kıymetli hocam, Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR’a teşekkür eder ve minnet duygularımı sunarım.

Tezimi inceleyerek değerli fikir ve önerileri ile büyük katkı sağlayan sayın jüri hocalarım Doç. Dr. Alper AYTEKİN, Doç. Dr. Ramazan AKSOY, Yrd. Doç. Dr. Yıldız ÇABUK ve Yrd. Doç. Dr. Tarık GEDİK’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez veri toplama aşamasında yardımlarını esirgemeyen Orman Endüstri Mühendisi Murat GÖZALAN’a ve Sadık AKTAŞ’a, tezin çeşitli aşamalarında desteklerini esirgemeyen Öğretim Görevlisi Erol İMREN ve Orman Endüstri Mühendisi Kadriye GÖKMEN’e teşekkürü bir borç bilirim.

Bugüne kadar her türlü konuda maddi ve manevi desteği sağlayan ve her zaman yanımda olan babam Hamit KURT, annem Selime KURT ve abilerim Murat KURT ve Hakan KURT’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışma 2016-FEN-C-007 numaralı lisansüstü tez projesi kapsamında desteklenmiştir. Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın, ileride bu konuda yapılacak olan çalışmalara ışık tutması ve ilgilenenlere yol gösterici olmasını dilerim.

Rıfat KURT

ÖZET

Doktora Tezi

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROLÜNDE SHEWHART, CUSUM VE EWMA KONTROL KARTLARI İLE YAPAY SİNİR AĞLARININ BÜTÜNLEŞİK KULLANIMI: BİR ORMAN ENDÜSTRİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA

Rıfat KURT

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR

Bartın- 2018, sayfa: XXIV + 209

Bu çalışmada, bir yongalevha işletmesinde kalitenin iyileştirilmesi ve maliyetlerin azaltılması amacıyla İstatistiksel Kalite Kontrol (İKK) kartları ve Yapay Sinir Ağları (YSA) birlikte kullanılmıştır. İşletmeden 6 ay boyunca belirli aralıklarla alınan yongalevhaların bazı mekanik özelliklerine ait (elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci, yüzey sağlamlığı) veriler çalışma planına ve uygulanacak yöntemlere göre 3'er aylık iki döneme ayrılmış ve analiz edilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında literatür taraması yapılarak, kalite ve kalite kontrol, Shewhart kontrol kartları, Kümülatif Toplam (CUSUM) kontrol kartları, Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) kontrol kartları, YSA ve yongalevha endüstrisi ile ilgili temel kavramlara yer verilmiştir. Uygulama aşamasında ise işletmede yongalevhanın mekanik özelliklerinde kalitesizliğe neden olan faktörlerin belirlenmesi ve ortadan kaldırılması amacıyla Şubat/Nisan 2016 tarihlerinde alınan veriler ile kontrol diyagramları hazırlanmış ve işletme için en uygun kontrol kartları belirlenmiştir. Hedeflenen kalite düzeyine ulaşmada değişken nicelikler için Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol grafikleri kullanılmıştır. Çalışmanın son kısmında ise Mayıs/Temmuz 2016 tarihlerindeki veriler ile prosesin gelecekteki durumunun tespit edilmesi ve ölçüm maliyetlerinin azaltılması

amacıyla YSA ile tahmin yapılarak elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Çalışma sonucunda yongalevha üretim prosesinden elde edilen gözlem değerlerinin hem birbirine bağımlı hem de birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesi kanaatine varılmış, bu nedenle işletme için CUSUM ve Shewhart kontrol kartlarının birlikte kullanılması önerilmiştir. Ayrıca YSA ile yapılan tahmin sonucu elde edilen düşük MSE, MAPE ve MAD performans değerleri işletmedeki maliyetleri azaltma açısından bazı kalite karakteristiklerinin ölçüme gerek kalmadan da tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler

İstatistiksel Kalite Kontrol, Kontrol Kartları, Shewhart, CUSUM, EWMA, Yapay Sinir Ağları.

Bilim Kodu

502.08.02

ABSTRACT

Ph.D.Thesis

INTEGRATED USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND SHEWHART, CUSUM AND EWMA CONTROL CHARTS IN STATISTICAL PROCESS CONTROL: A CASE STUDY IN FOREST INDUSTRY ENTERPRISE

Rıfat KURT

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Prof. Dr. Selman KARAYILMAZLAR

Bartın-2018, pp: XXIV + 209

In this research, Statistical Quality Control (SQC) charts, together with Artificial Neural Networks (ANN), were used to improve the overall quality and minimize the costs in a particleboard industry. The data regarding the some mechanical properties (internal bond strength, modulus of elasticity, surface soundness, screw withdrawal strength) of particleboards, regularly received from the company for a period of six months, were grouped into two quarterly terms in accordance with the working plan and the applied methods.

In the first stage of the research, basic concepts of quality and quality control, Shewhart Control Charts, Cumulative Sum (CUSUM) Control Charts, Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control charts, ANN subjects and particleboard industry were addressed after a literature survey. In the application stage, the control charts were prepared using the data received between February/April 2016 to determine the factors that impair quality, and the most suitable control charts for the company were specified accordingly. Control charts Shewhart, CUSUM and EWMA were used for varying quantities to achieve the targeted quality level. In the last stage of the research, estimations were made using ANN to predict the future state of the process and minimize the evaluation costs.

It was concluded at the end of the research that, inter-dependent and independent evaluation of the data, observed during particleboard manufacturing, was required, thus, collective use of CUSUM and Shewhart control charts was proposed. Also, the low MSE, MAPE and MAD performance values obtained with ANN estimations indicated that, some of the quality characteristics could be estimated without the need for measurements.

Key Words

Statistical Quality Control, Control Charts, Shewhart, CUSUM, EWMA, Artificial Neural Networks.

Science Code

502.08.02

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	3
1.2 Kalite ve Kalite Kontrol İle İlgili Temel Kavramlar	7
1.2.1 Kaliteyi Oluşturan Temel Unsurlar.....	9
1.2.2 Kalite Kontrol.....	10
1.2.2.1 Kalite Kontrolünün Amaçları.....	11
1.2.3 Toplam Kalite Yönetimi	12
1.2.3.1 Toplam Kalite Kavramı.....	13
1.2.3.2 Toplam Kalite Kontrolü	14
1.2.3.3 Toplam Kalite Yönetimi.....	15
1.2.4 İstatistiksel Kalite Kontrol	22
1.2.4.1 İKK’de Temel İstatistik Yöntemler (Yedi Yöntem)	25
1.3 Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Kartları.....	31
1.3.1 Shewhart Kontrol Kartları.....	31
1.3.1.1 Nicel Kontrol Grafikleri	33
1.3.1.2 Nitel Kontrol Grafikleri.....	39
1.3.2 CUSUM Kontrol Kartları.....	43
1.3.2.1 CUSUM Kontrol Grafiğinin Çizimi.....	45
1.3.2.2 V Maskesi Prosedürü.....	45
1.3.3 EWMA Kontrol Kartları	50
1.4 Yapay Sinir Ağları	52

1.4.1 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri	53
1.4.2 Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları	54
1.4.3 Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları	56
1.4.4. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları	57
1.4.4.1 Biyolojik Sinir Hücresi.....	57
1.4.4.2 Yapay Sinir Hücresi	58
1.4.4.3 Yapay Sinir Ağı Yapısı	60
1.4.5 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme, Adaptif Öğrenme ve Test Etme	61
1.4.6 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	62
1.4.6.1 Bağlantı Yapısına Göre Yapay Sinir Ağları.....	62
1.4.6.2 Öğrenme Yöntemine Göre Yapay Sinir Ağları.....	64
1.4.6.3 Katman Sayısına Göre Yapay Sinir Ağları	65
1.5 Orman Ürünleri Sanayi.....	66
1.5.1 Türkiye Orman Ürünleri Sanayisinin Genel Durumu.....	67
1.5.2 Yongalevha Endüstrisi	68
1.5.2.1 Yongalevha Endüstrisinde Karşılaşılan Kalite Problemleri.....	70
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT	73
2.1 Materyal	73
2.2 Metot.....	73
BÖLÜM 3 BULGULAR.....	79
3.1 Kontrol Kartlarına Ait Bulgular.....	79
3.1.1 Değişkenler İçin Shewhart Kontrol Grafiklerinin Analizi.....	79
3.1.1.1 Çekme Direnci Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri.....	79
3.1.1.2 Elastikiyet Modülü Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri	82
3.1.1.3 Yüzey Sağlamlığı Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri	85
3.1.1.4 Vida Tutma Direnci Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri.....	87
3.1.2 CUSUM Kontrol Grafiklerinin Analizi	90
3.1.2.1 Çekme Direnci CUSUM Kontrol Grafikleri	90
3.1.2.2 Elastikiyet Modülü CUSUM Kontrol Grafikleri.....	97

3.1.2.3 Yüzey Sağlamlığı CUSUM Kontrol Grafikleri.....	103
3.1.2.4 Vida Tutma Direnci CUSUM Kontrol Grafikleri	110
3.1.3 EWMA Kontrol Grafiklerinin Analizi	116
3.1.3.1 Çekme Direnci EWMA Grafikleri	117
3.1.3.2 Elastikiyet Modülü EWMA Grafikleri.....	120
3.1.3.3 Yüzey Sağlamlığı EWMA Grafikleri.....	123
3.1.3.4 Vida Tutma Direnci EWMA Grafikleri	126
3.2 Yapay Sinir Ağlarına Ait Bulgular	129
3.2.1 ARIMA (Box-Jenkins Tekniği) İle Değişkenlerin Tahmini	129
3.2.1.1 Zımpara Kalınlık Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları	130
3.2.1.2 Çekme Direnci Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları	133
3.2.1.3 Elastikiyet Modülü Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları.....	137
3.2.1.4 Yüzey Sağlamlığı Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları.....	141
3.2.1.5 Vida Tutma Direnci Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları.....	145
3.2.2 Yapay Sinir Ağı Uygulaması	149
3.2.2.1 Çekme Direnci Değerlerine Ait YSA Uygulaması	150
3.2.2.2 Elastikiyet Modülü Değerlerine Ait YSA Uygulaması	154
3.2.2.3 Yüzey Sağlamlığı Değerlerine Ait YSA Uygulaması	158
3.2.2.4 Vida Tutma Direnci Değerlerine Ait YSA Uygulaması	161
BÖLÜM 4 TARTIŞMA VE SONUÇ	165
4.1 Kontrol Grafiklerine Ait Sonuçlar	166
4.2 Yapay Sinir Ağlarına Ait Sonuçlar	170
KAYNAKLAR.....	173
EKLER DİZİNİ.....	199
ÖZGEÇMİŞ.....	209



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
1. Histogram çeşitleri.	26
2. Sebep-sonuç diyagramı	28
3. Pareto grafiği.	29
4. Dağılma diyagramları.....	30
5. X kontrol grafiği.....	31
6. Denetim diyagramı örneği.	32
7. Standart V maskesi.....	46
8. Biyolojik sinir hücresi.	57
9. Yapay Sinir Hücresi gösterimi.	58
10. Tipik bir Yapay Sinir Ağı.	61
11. İleri beslemeli Yapay Sinir Ağı.....	63
12. Geri beslemeli Yapay Sinir Ağı	63
13. Yongalevha üretim teknolojisi	69
14. Çekme direnci değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri	81
15. Elastikiyet modülü değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri	84
16. Yüzey sağlamlığı değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.....	87
17. Vida tutma direnci değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.....	89
18. Çekme direnci değerlerine Ait 0,5 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği	94
19. V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda çekme direnci değerleri için)	94
20. Çekme direnci değerlerine ait 1 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	95
21. V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (1 σ 'lık ayrılışlarda çekme direnci değerleri için)	96
22. Çekme direnci değerlerine ait 2 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	97
23. Elastikiyet modülü değerlerine ait 0,5 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	100
24. V maskesinin 25 numaralı örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda elastikiyet modülü için)	101

Şekil No	Sayfa No
25. Elastikiyet modülü değerlerine ait 1 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	102
26. Elastikiyet modülü değerlerine ait 2 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	103
27. Yüzey sağlamlığı değerlerine ait 0,5 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	106
28. V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda yüzey sağlamlığı değerleri için).....	107
29. Yüzey sağlamlığı değerlerine ait 1 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	108
30. V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (1 σ 'lık ayrılışlarda yüzey sağlamlığı değerleri için).....	109
31. Yüzey sağlamlığı değerlerine ait 2 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	110
32. Vida tutma direnci değerlerine ait 0,5 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	113
33. V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda vida tutma direnci değerleri için)...	114
34. Vida tutma direnci değerlerine ait 1 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	115
35. Vida tutma direnci değerlerine ait 2 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.....	116
36. Çekme direncine ait EWMA kontrol grafiği.....	120
37. Elastikiyet modülüne ait EWMA kontrol grafiği.....	123
38. Yüzey sağlamlığına ait EWMA kontrol grafiği	126
39. Vida tutma direncine ait EWMA kontrol grafiği	129
40. Zımpara kalınlıklarına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	130
41. Durağanlaştırılmış zımpara kalınlıklarına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	131
42. Zımpara kalınlık değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları	133

Şekil	Sayfa
No	No
43. Çekme direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	134
44. Durağanlaştırılmış çekme direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon Değerleri	135
45. Çekme direnci değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları	137
46. Elastikiyet modülüne ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	138
47. Durağanlaştırılmış elastikiyet modülüne ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	139
48. Elastikiyet modülü değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları	141
49. Yüzey sağlamlığına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	142
50. Durağanlaştırılmış yüzey sağlamlığına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	143
51. Yüzey sağlamlığı değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları	145
52. Vida tutma direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	146
53. Durağanlaştırılmış vida tutma direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri	147
54. Vida tutma direnci değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları	149
55. Çekme direnci YSA modelinin mimarisi	150
56. Çekme direnci YSA modeline ilişkin performans sonuçları	152
57. Çekme direnci YSA tahmin grafiği	154
58. Elastikiyet modülü YSA modelinin mimarisi	154
59. Elastikiyet modülü YSA modeline ilişkin performans sonuçları	156
60. Elastikiyet modülü YSA tahmin grafiği	158
61. Yüzey sağlamlığı YSA modelinin mimarisi	158
62. Yüzey sağlamlığı YSA modeline ilişkin performans sonuçları	159
63. Yüzey sağlamlığı YSA tahmin grafiği	161
64. Vida tutma direnci YSA modelinin mimarisi	161
65. Vida tutma direnci YSA modeline ilişkin performans sonuçları	162
66. Vida tutma direnci YSA tahmin grafiği	164



TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1. Çeşitli kalite tanımları.....	8
2. Bazı toplama fonksiyonları	59
3. Aktivasyon fonksiyonları.....	60
4. Test numuneleri için TS EN standart tablosu.	74
5. Şubat-Mart-Nisan aylarına ait çekme direnci ölçüm değerleri	80
6. Şubat-Mart-Nisan aylarına ait elastikiyet modülü ölçüm değerleri	83
7. Şubat-Mart-Nisan aylarına ait yüzey sağlamlığı ölçüm değerleri.....	85
8. Şubat-Mart-Nisan aylarına ait vida tutma direnci ölçüm değerleri.....	88
9. Çekme direnci için hesaplanan CUSUM değerleri	91
10. Elastikiyet modülü için hesaplanan CUSUM değerleri	98
11. Yüzey sağlamlığı için hesaplanan CUSUM değerleri	104
12. Vida tutma direnci için hesaplanan CUSUM değerleri.....	111
13. Çekme direncine ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları	119
14. Elastikiyet modülüne ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları	122
15. Yüzey sağlamlığına ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları.....	125
16. Vida tutma direncine ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları.....	128
17. ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Zımpara kalınlık).....	132
18. ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Çekme direnci)	136
19. ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Elastikiyet modülü)	140
20. ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Yüzey sağlamlığı)	144
21. ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Vida tutma direnci)	148
22. Çekme direnci YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları....	151
23. Çekme direnci gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için)	153
24. Çekme direncine ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri	153
25. Elastikiyet modülü YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları	155
26. Elastikiyet modülü gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için)	157
27. Elastikiyet modülüne ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri	157

Tablo	Sayfa
No	No
28. Yüzey sağlamlığı YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları	159
29. Yüzey sağlamlığı gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için)	160
30. Yüzey sağlamlığına ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri	160
31. Vida tutma direnci YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları	162
32. Vida tutma direnci gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için)	163
33. Vida tutma direncine ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri	163

EKLER DİZİNİ

Ek	Sayfa
No	No
Ek A. Kontrol diyagramları için kullanılan fabrika verileri.....	199
Ek B. Yapay Sinir Ağları için kullanılan fabrika verileri	203
Ek C. Kontrol diyagramı katsayıları ($2 \leq n \leq 15$ için)	208





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

x_i	: i'nci gözlem değeri
$\bar{x}$	: proses ortalaması
$\bar{\bar{x}}$	: genel proses ortalaması
R	: değişim aralığı
$\bar{R}$	: değişim aralığı ortalaması
s	: örnek standart sapması
$\bar{s}$	: standart sapması ortalaması
p	: kusurlu oranı
np	: kusurlu sayısı
c	: kusur sayısı
u	: birim başına kusur sayısı
σ	: popülasyon standart sapması
$\bar{\sigma}$	: standart sapma ortalaması
μ	: popülasyon ortalaması
n	: örnek büyüklüğü
m	: örnek sayısı
S_i	: i'nci birikimli değer
α	: proses ortalamasında bir kayma yok iken bir kaymanın olduğuna karar verme ihtimali
β	: gerçekte kayma varken bunu tespit edememe ihtimali
Δ	: süreç ortalamasında meydana gelen kayma
d	: OP uzunluğunun değeri
θ	: orta çizgi ile kol arasındaki açı
A	: bir ölçek faktörüdür ve bu değer yatay eksen üzerindeki 1 birimlik uzunluğa dikey eksen üzerinde karşılık gelen değerdir.
δ	: araştırılmasına karar verilen proses seviyesindeki en küçük kayma miktarı

$\sigma_{\bar{x}}$	: örnek ortalamaları için standart hata
H	: prosedürün karar aralığı, OU veya OL uzunluğu
h	: kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda karar aralığını veren değer
K	: V maskesi kollarının eğimi
k	: kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda V maskesi kollarının eğimini veren değer
i	: zaman
$\bar{x}_i$	: i zamandaki ölçülen değer
z_i	: i zamandaki tahmini EWMA değeri
λ	: düzeltme katsayısı
L	: kontrol limitlerinin büyüklüğü
σ^2	: varyans
$\sigma_{z_i}^2$	: z_i 'nin varyansı
x_{max}	: maksimum x_i değeri
x_{min}	: minimum x_i değeri
y_t	: gerçek gözlem değerleri
$\hat{y}_t$	: tahmin edilen değerler

KISALTMALAR

ADS	: Alt Denetim Sınırı
ARIMA	: Otoregresif Hareketli Ortalamalar (Autoregressive Integrated Moving Average)
ARL	: Ortalama Koşum Uzunluğu (Average Run Length)
CUSUM	: Kümülatif Toplam (Cumulative Sum)
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı
EWMA	: Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (Exponentially Weighted Moving Average)

ISO	:	Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization)
İKK	:	İstatistiksel Kalite Kontrol
MAD	:	Ortalama Mutlak Sapma (Mean Absolute Deviation)
MAPE	:	Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Mean Absolute Percentage Error)
MD	:	Merkezi Değer
MDF	:	Orta Yoğunlukta Liflevha (Medium Density Fiberboard)
MSE	:	Ortalama Hata Kareleri (Mean Square Error)
TK	:	Toplam Kalite
TKK	:	Toplam Kalite Kontrol
TKY	:	Toplam Kalite Yönetimi
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
ÜDS	:	Üst Denetim Sınırı
YSA	:	Yapay Sinir Ağları
YSH	:	Yapay Sinir Hücresi
vb.	:	ve benzeri



BÖLÜM 1

GİRİŞ

İşletmelerin artan rekabet ortamından başarılı ve verimli bir şekilde çıkabilmeleri ve varlığını sürdürebilmeleri için ürün ve hizmetlerinin, hem fiyat hem de kalite yönünden rakiplerinden üstün olması gerekmektedir.

Daha az hatalı ürün üretme, yani daha kaliteli ürün ortaya koyma, ürünün üretim aşamasında kalitesini bozan unsurları belirleyip bu hataları ortadan kaldırmayı gerektirmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmaların ışığında kalite kontrol bir bilimsel alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Özkale, 2004).

Günümüz işletmelerinde verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması ve dolayısıyla rekabette güçlü olmanın yolu işletmenin tüm faaliyetlerinde kaliteyi arttırmayı hedefleyen Toplam Kalite Yönetimi'ni (TKY) benimsemekten geçmektedir. TKY'nin başarısının temelinde ise İstatistiksel Kalite Kontrol'ün (İKK) önemli bir yeri bulunmaktadır.

İKK, bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak, önceden belirlenmiş kalite spesifikasyonlarına uygunluğunu ve standartlara bağımlılığı hedef almak, kusurlu ürün üretimini minimuma indirmek amacıyla istatistik prensip ve tekniklerin üretimin bütün safhalarında kullanılmasıdır (Akın, 1996). Amaç hem işletme içinde kusurları yakalamak hem de kusurlu ürün henüz üretilmeden müdahalede bulunarak önlem almaktır (Çolak, 2007). İstatistik yöntemlerin kullanılarak süreçlerin iyileştirilmesi sonrasında ürün kalitesinde hissedilebilir artışlar, hata ve fire oranlarında büyük düşüşler, üretim maliyetlerinde azalmalar ve dolayısıyla daha fazla verimli bir üretim elde edilmiş olur.

Bir kalite denetimi uygulanmasının amacı, süreci üretim hattı üzerinde, yani henüz işlerken izlemektir. Çünkü üretilen her bir birimin özelliklerinin ölçülmesi neredeyse olanaksızdır. Bunun yerine küçük örneklemeler çekilip ölçümler yapılarak zaman içindeki değişim, çizimlere dökülür ve sürecin davranışına ilişkin çıkarımsamalar elde edilir. İstatistik kavramların kalite yönetimindeki önemi değişkenlik ve gerçekleşme şansının

anlaşılmasında yatar. Üretim sürecindeki değişkenlik ve gerçekleşme şansının anlaşılması ve yorumlanmasında en önemli araç İKK diyagramlarıdır (Özdamar, 2006).

Kontrol diyagramları ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını, geçmiş deneylere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik kıyaslamaya yarayan grafiklerdir. Kontrol diyagramları arzu edilen niteliklerde ürün ve hizmet üretebilmek için prosesin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır (Yıldız, 2009a).

Kalite iyileştirme çalışmalarında prosesin gelecekteki durumunun tahmin edilmesi, daha az ölçüm ile daha iyi sonuçlar elde edilmesi, işletme maliyetlerinin azaltılması konusunda son derece önemlidir. Günümüzde tahmin amaçlı kullanılan çok sayıda istatistiksel metot mevcuttur. Teknolojideki gelişmelerle birlikte, insan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek oluşturulan ve öğrenme sürecinin bilgisayar sistemlerine aktarılması sonucu ortaya çıkan Yapay Sinir Ağları (YSA), günümüzde finans ve pazarlama sektöründen, çeşitli mühendislik sektörlerine kadar birçok alanda tahmin amaçlı olarak geniş kullanım alanı bulan bir yöntemdir (Kurt vd., 2017).

YSA'nın özellikle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde etkin bir şekilde kullanılması ve güvenilir sonuçlar vermesi bu metodun kullanımını daha da yaygın bir hale getirmiştir. YSA bilinmeyen ve farkedilmesi güç ilişkileri ortaya çıkarıp bunların daha etkin ve optimum kullanımını sağlayabilmektedir. Bu nedenle YSA kalite iyileştirme ve geliştirme aşamalarında önemli bir yer edinmiştir.

Bu çalışmada işletmelerin üretim maliyetlerinin önemli bir kalemini oluşturan kalite kontrol ve kalite geliştirme faaliyetlerine katkı sağlayarak, kalite maliyetlerini en aza indirmek ve işletme kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanımını sağlamak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, bir yongalevha işletmesinde, yongalevhanın mekanik özelliklerinde kalitesizliğe neden olan faktörler belirlenip ortadan kaldırılması için kontrol diyagramları hazırlanmıştır. Ayrıca prosesin gelecekteki durumunu tespit etmek ve ölçümleri en aza indirerek maliyetleri azaltmak amacıyla YSA ile tahmin yapılmış ve elde edilen sonuçlar iki bölüm halinde verilmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Literatür incelendiğinde araştırmacıların İKK teknikleri ve YSA ile ilgili çok sayıda çalışmalar yaptığı görülmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda orman endüstri alanına ait yeterince uygulama olmadığı belirlenmiştir. Özellikle bu çalışma orman endüstri sektöründe Shewhart, Kümülatif Toplam (CUSUM) ve Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) kontrol kartları ile YSA'nın birlikte kullanımının ilk olması nedeniyle ayrı bir önem arz etmektedir.

Shewhart (1924)'in kontrol kartlarını uygulamaya başlamasından sonra, kontrol kartları birçok endüstride ve farklı alanlarda başarıyla kullanılmıştır. Ayrıca araştırmacılar bu kontrol kartlarına ek olarak tek değişkenli CUSUM, EWMA ve çok değişkenli T^2 , MCUSUM (Çok Değişkenli Kümülatif Toplam) ve MEWMA (Çok Değişkenli Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama) gibi farklı kontrol kartları geliştirmişlerdir.

Literatürde İKK ile ilgili yapılan çalışmalara genel olarak bakıldığında Hewson vd. (1996); Atienza vd. (1997); Engin (1997); Gözübatık (1997); Yüksel (1998a); Goh (1999); Aytekin vd. (2001); Ertuğrul (2001); Özcan (2001); Aksu Berber (2002); Aytekin (2002); Kısaoğlu (2002); Bircan ve Gedik (2003); Kökçen (2003); Öztekin (2003); Özyılmaz (2003); Arıoğlu Salmona (2004); Gedik (2005); Güngör (2005); Kayadelen (2006); Staudhammer vd. (2006); Çolak (2007); Dengizler Kayaalp (2007); Ülen (2010); Karaca (2012); Quesada ve Arias (2014); Çelik (2015) gibi yazarların istatistik proses tekniklerini çeşitli alanlarda uygulayarak kalitenin iyileştirilmesi yönünde çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Bu çalışmalardan Aytekin vd. (2001), bir kereste fabrikasında parke levhalar üzerinde tek katlı ve çift katlı kabul örneklemesini delphi programını kullanarak uygulamışlardır. Yine Aytekin, 2002 yılında yapmış olduğu doktora çalışmasında kağıt makinelerinin en düşük maliyetle kontrolünü sağlamak ve üretim sırasında meydana gelebilecek hataları hızlı bir şekilde tespit etmek amacıyla bir kağıt makinesi modeli kurmuş ve rutubet, gramaj ve kalınlık değişkenlerini gözlemlemiştir. Bu değişkenleri etkileyecek üniteler üzerine çeşitli algılayıcılar yerleştirilerek, sistemin tamamını kontrol edecek bir bilgisayar programı hazırlamıştır. Gedik (2005), iki farklı liflevha işletmesinden elde ettiği veriler ile x kontrol grafiklerini, tek aşamalı kabul örnekleme planı, çalışma karakteristiği, çıkan ortalama karakteristik ve ortalama toplam muayene sayısı eğrilerini oluşturmuştur. Staudhammer vd. (2006), bir kereste endüstrisinde temassız lazer mesafe sensörlerinin geniş tolerans

aralıklarında yanlış sinyaller vermesini azaltmak, verimlilik, doğruluk ve asgari israfın sağlanması amacıyla istatistiksel kontrol kartlarını uygulamışlardır. Böylece geleneksel boyut kontrol yöntemlerinin ötesine geçerek, birden fazla yüzeyi eş zamanlı olarak izleme imkânı sağlamışlardır. Bir başka çalışmada Quesada ve Arias (2014) selvi levhalarından elde ettikleri genişlik değerleri üzerinde kontrol kartları, pareto analizi, dağılma diyagramları, balık-kılçığı diyagramları gibi İKK tekniklerini uygulamışlardır.

Doğrudan kontrol diyagramları üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde yine farklı alanlarda uygulanmış farklı çalışmalar yer almaktadır. Gavcar ve Aytekin (1995); Şahin (2000); Maness vd. (2003); Pekmezci (2005); Değerli (2006); Özdamar (2006); Özdamar (2007); Gedik ve Akyüz (2007); Beytekin (2010); Dönmez (2012); Franco vd. (2014); Nazir vd. (2014) gibi araştırmacıların Shewhart kontrol grafikleri ile ilgili çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Gavcar ve Aytekin (1995), bir mobilya işletmesinde kontrol diyagramlarını Turbo Pascal programlama dili kullanarak hazırladıkları programa çizdirerek proses üzerinde tesadüfi faktörlerin etkisi olup olmadığını araştırmışlardır. Manness vd. (2003) bir kereste fabrikasında biçilmiş keresteler için parça büyüklüğü varyasyonlarının yanı sıra ortalama parça boyutunu izlemek için kontrol grafikleri oluşturmuşlardır. Özdamar (2006), bir yongalevha işletmesinde uyguladığı doktora çalışmasında, bulanık mantık modeli kullanarak dilsel yapıyla elde edilen değerlerle Bulanık İKK grafikleri elde etmiş ve bunları gerçek ölçümlerle karşılaştırmıştır. Gedik ve Akyüz (2007), iki farklı liflevha işletmesinden elde ettikleri levhalara ait eğilme, yüzeye dik çekme, yoğunluk ve şişme değerlerine X ve R kontrol kartlarını uygulayarak iki fabrikanın kalite değerlerini karşılaştırmışlardır. Bir başka araştırmacı Beytekin (2010), yaptığı yüksek lisans çalışmasında kâğıt fabrikasından elde ettiği veriler ile kâğıt üretim prosesinin izlenmesi amacıyla tek değişkenli ve çok değişkenli kontrol kartları hazırlamıştır.

Page (1954)'in, Shewhart kontrol grafiklerine alternatif olarak geliştirdiği CUSUM kontrol grafikleri prosesteeki küçük kaymaları daha hızlı tespit ettiği için yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Barnard (1959) V maskesi kavramını ortaya koyarak CUSUM grafiklerinin bir İKK aracı olmasında önemli yol kat etmesinde etkili olmuştur. Kemp (1961); Harrison ve Davies (1964); Williams vd. (1992); Reynolds ve Stoumbos (2000); Oktay ve Özçomak (2001); Scandol (2003); Yi vd. (2006); Barratt vd. (2007); Milota (2009); Chan vd. (2010); Castagliola vd. (2011); Chelani (2011); Riaz vd. (2011);

Xia vd. (2011); Yontay (2011); Abbasi vd. (2012); Maravelakis (2012); Cheng ve Yu (2013); Mahmoud ve Maravelakis (2013); Silvan vd. (2013); Hwang ve Shin (2017) gibi yazarların CUSUM kontrol kartlarını çeşitli alanlarda uyguladığı görülmektedir. Milota 2009 yılında yapmış olduğu çalışmada kereste endüstrisinde önemli bir rol oynayan fırınlanmış kerestelerin rutubet içeriğini dengede tutmak amacıyla küçük değişimleri tespit etmede etkili olan CUSUM kontrol kartlarını kullanmıştır. X kontrol kartlarının tespit edemediği rutubet ortalamasındaki değişimleri CUSUM kontrol kartlarının kolayca tespit ettiği ve CUSUM kontrol kartlarının işletmenin hedeflenen rutubet değerlerine çok yaklaştığını belirtmiştir.

Shewhart kontrol grafiklerine bir diğer alternatif olarak Roberts (1959) tarafından geliştirilen EWMA şemalarının yine CUSUM grafikleri kadar yaygın bir kullanım alanı bulunduğu görülmektedir. Genel olarak bakıldığında, Johnston (1993); Young ve Winistorfer (2001); Aydın (2002); Aparisi ve Díaz (2007); Serel ve Moskowitz (2008); Serel (2009); Ai vd. (2011); Zhang vd. (2014); Azam vd. (2015); Haq vd. (2015); Raza vd. (2015) gibi araştırmacıların EWMA kontrol grafikleri ile ilgili çalışmaları dikkat çekmektedir. Young ve Winistorfer'in 2001 yılında bir MDF işletmesinde uyguladıkları çalışmalarında yüksek hızlı sürekli preslerde Shewhart kontrol grafiklerinin yetersiz kaldığını ve pozitif otokorelasyonun sürekli sistemlerde yanlış alarmlar verebileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu nedenle üretim sürecinde üretilen 1000 adet numune levhanın lif rutubeti değerleri üzerinde otokorelasyonun etkisini Shewhart ve EWMA kontrol grafiklerini düzenleyerek karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Pozitif otokorelasyon varlığında geleneksel EWMA kontrol grafiği 10 adet hatalı sinyal verirken özel olarak düzenledikleri EWMA kontrol grafiğinin hiç hata vermediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca Montgomery (1992); Oktay (1994); Ege (1997); Vargas vd. (2004); Kasap (2006); Nenes ve Tagaras (2007); Demir (2008); Wu vd. (2008); Wetherington (2010); Wu vd. (2011); Hawkins ve Wu (2014); Özçil (2014); Demir ve Mirtağioğlu (2016); Zaman vd. (2016); Ajadi ve Riaz (2017) gibi çoğu yazarın Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol grafiklerinden 2 veya 3'ünü birlikte kullanarak bu grafiklerin performanslarını karşılaştırmalı olarak araştırdıkları görülmektedir.

1949 yılında Hebb (1949) ile başlayan YSA ise yüzlerce ayrı teoriyle geniş bir yelpazeye hitap eder hale gelmiştir. Şu an gerçek yaşamda kullanılan ve başarı oranı yüksek çok sayıda YSA modeli mevcut olup bu yöntem sınıflandırma, modelleme, veri ilişkilendirme-

yorumlama, kontrol, kümeleme, optimizasyon gibi birçok farklı alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. YSA'nın en yaygın kullanım alanlarından biri de tahmindir. Literatür incelendiğinde Schoneburg (1990); Peng vd. (1992); Arizmendi vd. (1993); Fletcher ve Goss (1993); Grudnitski ve Osburn (1993); Balestrino vd. (1994); Chen (1994); Aiken vd. (1995); Haas vd. (1995); Kiartzis vd. (1995); Chiang vd. (1996); Gately (1996); Kariniotakis vd. (1996); Zhang vd. (1998); Gülgönül (1999); Kolehmainen vd. (2001); Ho vd. (2002); Pijanowski vd. (2002); Hamzaçebi ve Kutay (2004); Güngör vd. (2004); Niska vd. (2004); Elminir vd. (2005); Hamzaçebi (2005); Doğan (2006); Açıkalin (2007); Adıyaman (2007); Bilgili (2007); Güngör (2007); Kunt (2007); Vural (2007); Yüksek (2007); Güreşen (2008); Pindoriya vd. (2008); Asilkan ve Irmak (2009); Yıldız (2009b); Çetin (2010); Çevik (2010); Dindar (2010); Eren (2010); Hadavandi vd. (2010); Kaya (2010); Onaran (2010); Dumlu (2011); Karahan (2011); Yeşilnacar (2011); Yıldız (2011); Yücesoy (2011); Doğan (2012); Gürsoy (2012); Turhan (2012); Aksu (2013); Aslay (2013); Es (2013); Şahin vd. (2013); Ballı (2014); Karahan (2015); Kılıç (2015); Uygun (2015); Ersen (2016); Güç (2016); Masaebi (2016); Sarı (2016); Kocatepe (2017) gibi yazarlar tarafından YSA'nın üretim, pazarlama, finans, borsa, ziraat, gıda, enerji, bankacılık, otomotiv, havacılık gibi birçok farklı alanlarda tahmin amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan Güngör ve arkadaşlarının 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada endüstriyel odun hammaddesi talebinin tahmininde YSA'nın kullanım olanaklarını araştırarak bazı talep tahmin yöntemleri ile karşılaştırmalarını yapmışlar ve YSA'nın tahmin performansının diğer yöntemlerinkinden daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Bir diğer çalışmada Yücesoy (2011), Türkiye'de temizlik kağıtları sektöründe yıllık temizlik kağıdı satışları ile ilgili YSA tahmin modeli oluşturmuştur. Ayrıca basit ve çoklu regresyon modeli ile de temizlik kâğıdı talep tahmini yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Uygulama sonucunda YSA yönteminin etkin bir talep tahmin yöntemi olduğu belirtilmiştir. Ersen, 2016 yılında yapmış olduğu doktora çalışmasında ise Box-Jenkins ve YSA yöntemleri ile Türkiye'nin ağaç ve orman ürünleri sektörüne ait ihracat ve ithalat değerlerini tahmin ederek yöntemlerin karşılaştırmasını yapmıştır. Uygulama sonucunda YSA modellerinin, Box-Jenkins modellerinden daha iyi öngörü performansına sahip olduğunu tespit etmiştir. YSA ile yapılan tahminlere genel olarak bakıldığında yapılan çalışmaların büyük bir kısmında bilinen değerlerin tahmininin yapıldığı ve gerçekleşen değerlerle karşılaştırıldığı görülmüştür. Geleceğe ait tahmine çok az rastlanmıştır.

YSA, İKK teknikleri ile birlikte de yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Cook ve Shannon (1992); Hwarng ve Hubele (1993); Jacob ve Luke (1993); Lucy-Bouler (1993); Velasco ve Rowe (1993); Smith (1994); Stutzle (1995); Chang ve Aw (1996); Leger vd. (1996); Wang ve Mahajan (1996); Cheng (1997); Hwarng (1997); Anagun (1998); Zorriassatine ve Tannock (1998); Yi vd. (2001); Barghash ve Santarisi (2004); Kaya vd. (2004); Kaya vd. (2005); Kaya ve Engin (2005); Niaki ve Abbasi (2005); Cook vd. (2006); Arkat vd. (2007); Gauri ve Chakraborty (2008); Jiang vd. (2009); Ebrahimzadeh ve Ranaee (2010); Psarakis (2011); Ghiasabadi vd. (2013); Addeh vd. (2014); Yu vd. (2015) gibi araştırmacıların YSA'yı istatistiksel kalite problemlerinin çözümünde etkin bir araç olarak kullandıkları görülmektedir. Bu yazarlardan Cook ve Shannon (1992), yaptıkları çalışmada kompozit levha üretimi yapan bir orman endüstri işletmesinden belirli zaman aralıklarında aldıkları proses değerlerini YSA ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada kompozit levhaların yapışmasında etkili olan odun içeriği, su ve yapışma materyali gibi parametrelerin önemli olduğunu ve bu parametrelerin değerleri başarılı bir şekilde tahmin edilebilirse, operatörün süreci daha iyi kontrol edebilmek için ek bilgi sahibi olacağını belirtmişlerdir. Bu nedenle araştırmalarında levhanın yapışma direncine etki eden reçine ve rutubet içeriklerini tahmin eden bir YSA modeli oluşturmuşlar ve eğittikleri YSA modeli ile üretim prosesi parametrelerini % 70'lik bir oranla doğru tahmin etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Yu vd. (2015), sürekli üretim yapan bir işletmeden aldıkları verileri YSA ile tahmin edip bu veriler ile x-MR kontrol grafiklerini hazırladıkları görülmektedir.

1.2 Kalite ve Kalite Kontrol İle İlgili Temel Kavramlar

Mal veya hizmet, kullanıcısının uygun ve yararlı olarak bulduğu özellikleri içerdiği ölçüde kullanım uygunluğu sağlayabiliyor demektir. Kalite kavramı kullanım uygunluğuna bağlı olup kullanıcıya, zamana ve mekâna göre değişen bir kavramdır. Bir mal veya hizmetin kullanıcısına kullanım uygunluğu sağlama düzeyi, bu mal veya hizmetin kalite düzeyini belirleyici unsurdur (Tunail, 1984).

Kalitenin latince karşılığı “qualitas” olup nasıl oluştuğu anlamına gelen “qualis” sözcüğünden türemiştir. Sözcük anlamı ile hangi nesne için kullanılıyorsa onun gerçekte ne olduğunu belli etmek amacını taşır. Bu anlamda, bir nesnenin kalitesi onun doğasındadır ve o nesne başka bir nesneye dönüştürülmeden kalitesi değişmez. Kalite zaman içerisinde değişen koşullara uygun olarak şekil değiştirir. Bu nedenle kalitenin tanımı çeşitli

değişimlere uğramıştır. Önceleri standartlara uygunluk olarak bilinen kalite, zamanla müşterilerin isteklerine uygunluk olarak ifade edilmiştir. Topluma hizmet etmek, varlığını sürdürmek ve uzun dönemde kâr etmek isteyen işletmeler hedeflerine ulaşmak için artık tüketicinin istediği ölçüleri ön planda tutmaya başlamışlardır. Böylece kalite, tüketicinin istekleri ve üreticilerin amaçlarına uygun bir denge ögesi oluşturmuştur. Hızla gelişen ve işletmelerarası rekabetin giderek yoğunlaştığı günümüzde kalite, işletmelerin öncelikli unsurlarından biri haline gelmiştir (Kurt, 1987).

Kalite hakkında yapılan tanımlamalarda mevcut benzerlikler ve farklılıklar fikir birliğinin olmadığını göstermektedir. Ancak yaygın olarak kullanılan ve benzer kavram ve ifadeler taşıyan tanımlamalar da mevcuttur. Günümüzde en çok kullanılan kalite tanımlarından bazıları Tablo 1’de verilmiştir (Edwards, 1968; Gilmore, 1974; Crosby, 1979; Feigenbaum, 1983; Price, 1984; Deming, 1986; Taguchi, 1986; Juran, 1988; Rosander, 1989; Kavrakoğlu, 1990; Kano, 1993; Yılmaz, 2011).

Tablo 1: Çeşitli kalite tanımları.

<i>Kaliteyle İlgili Çalışmalar Yapan Bilim Adamlarına Göre Tanımlar</i>	
Edwards (1968)	Kalite, gereksinimleri tatmin edebilme kapasitesidir.
Gilmore (1974)	Kalite, özel bir ürünün, özel bir müşterinin isteklerini karşılama derecesidir.
Crosby (1979)	Kalite, ihtiyaçlara uygunluktur.
Feigenbaum (1983)	Kalite, bir ürünün tasarım ya da özelliklere uygunluk derecesidir.
Price (1984)	Kalite ilk defa doğruyu yapmaktır.
Deming (1986)	Kalite, mevcut ve gelecekteki müşteri gereksinimlerinin karşılanması için gayret sarf etmektir.
Taguchi (1986)	Kalite, ürünün toplumda neden olduğu minimal zarardır.
Juran (1988)	Kalite, kullanıma uygunluktur.
Rosander (1989)	Kalite, bir organizasyonun bütün çalışmalarında yer alan kalıcı bir fonksiyondur.
Kavrakoğlu (1990)	Yaratılan kalite, müşterinin gerçek gereksinimini müşteriden de iyi bilip bunu karşılamaktır.
Kano (1993)	Kalite, insan gereksinimlerinin karşılanması hatta aşılmasıdır.
<i>Kalite İle İlgili Kuruluşların Tanımları (Bozkurt, 1994)</i>	
Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQC)	Bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümü.
Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu (EOQC)	Belirli bir malın veya hizmetin, tüketicinin hizmetlerine uygunluk derecesi.
Alman Standartlar Enstitüsü (DIN)	Bir ürünün öngörülen ve şart koşulan gereklerle uyum yeteneği.
Japon Sanayi Standartlar Komitesi (JIS)	Ürün ya da hizmeti ekonomik yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir.
<i>Standartlarda Kalite Tanımı (TSE, 1991)</i>	
Türk Standartları Enstitüsü (TSE)	Bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek gereksinimleri karşılama yeteneğine dayanan özelliklerin toplamıdır.

Tüm bu tanımlamalar dikkate alındığında kaliteyi basit olarak tek bir cümle ile açıklamak gerekirse; kalite, istenen özelliklere yani amaca uygunluk derecesi olarak tanımlanabilir (Kobu, 1987). D. A. Garvin ise, 1984 yılında kalitenin sekiz boyutunu aşağıdaki gibi tanımlamıştır:

Performans: Mal ya da hizmetin kendisinden beklenen fonksiyonları en iyi biçimde yerine getirebilmesi (üründe bulunan birincil özellikler)

Uygunluk: Spesifikasyon, standart ve belgelere uygunluk

Güvenilirlik: Ürünün kullanım ömrü içerisindeki performans özelliklerinin sürekliliği

Dayanıklılık: Mamulün bozulmadan kullanılma süresi

Hizmet görürlük (servis kolaylığı): Ürüne ilişkin sorun ve şikâyetlerin kolay çözülebilirliği

Estetik: Ürünün albenisi ve duyulara seslenebilme yeteneği

İtibar: Ürünün ve diğer üretim kalemlerinin geçmiş performansı

Diğer unsurlar: Ürünün çekiciliğini sağlayan ikincil karakteristiklerdir (Garvin, 1984).

1.2.1 Kaliteyi Oluşturan Temel Unsurlar

Bir mamulün herhangi bir kalite karakteristiğinin gerçekleşmesinde pek çok faktörün göz önüne alınması gerekir. Bu nedenle kalite ile ilgili düşünce çoğunlukla anlaşılamaz. Çünkü kalitenin iki farklı yanı ya bilinmemektedir ya da anlaşılamamaktadır. Bu yanlar tasarım kalitesi ve uygunluk kalitesidir (Öztürk, 2007).

Tasarım kalitesinde mamulün fiziksel yapısı, performans özellikleri ile beraber tasarlanır. Boyut, ağırlık, hacim, dayanıklılık gibi fiziksel nitelikler ile renk, koku, görünüş gibi estetik özellikler bir mamulün tasarım kalitesini belirler. İki mamulün aynı fonksiyonu gören kalite spesifikasyonları arasındaki fark, onların tasarım kaliteleri arasındaki farkı gösterir. Bir mamul için en uygun tasarım kalitesinin saptanması, kalitenin tüketici açısından değeri ile üreticiye olan maliyeti arasında optimum noktanın bulunması işlemidir (Kobu, 1987).

Uygunluk kalitesi ise tasarım kalitesi ile belirlenen kalite spesifikasyonlarına üretim sırasındaki uyma derecesidir. Belirli bir uygunluk kalitesinin gerçekleştirilmesinde çeşitli maliyetlerin dengelenmesine çalışılır. Uygunluk kalitesinin ölçüsü, bozuk mal yüzdesi olabilir. Kalite kontrol etkinliği arttıkça, yani tasarlanan kalite spesifikasyonlarına uyan parça yüzdesi yükseldikçe (veya hatalı parça oranı azaldıkça), bozuk malların ortaya çıkardığı malzeme ve işçilik kayıpları ile tamir masrafları ve müşteri şikayetleri hızla azalır. Buna karşılık ölçme, değerlendirme ve koruma faaliyetlerinin yoğunluğu arttığından bunların maliyetleri giderek yükselir. Koruma maliyeti, bozuk malın üretimine meydan bırakmamak amacı ile önceden alınan önlemler için yapılan masraflardan oluşur. İşçi eğitimi, tamir - bakım, dizayn kontrolü gibi masraflar koruma maliyeti niteliğindedir (Koç, 2000; Bek, 2008).

1.2.2 Kalite Kontrol

Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) tarafından kalite kontrolünün dar ve geniş anlamda iki tarifi yapılmıştır.

- 1) Dar anlamda kalite kontrolü; bir malın spesifikasyonlarına uygunluğunu denetlemek, doğrulamak işlemidir.
- 2) Geniş anlamda kalite kontrolü; kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi alıcının tatmin olacağı en ekonomik seviyede sürdürmek için uygulanan işlemler dizisidir (Kartal, 1999).

Kalite kontrol faaliyetleri en iyi kalite için değil, en ekonomik kalite için yapılır. Bir işletme organizasyonunda kalite kontrol, müşteriyi her bakımdan tam olarak tatmin edecek üretimi sağlamak için yapılır. Ürün üretim safhasında iken kalitenin standartları göz önünde bulundurulur ve gerekli tedbirlerin zamanında alınması sağlanarak ürün kalitesinin standartlarının dışına çıkması engellenir (Doğan, 1991; Bircan ve Özcan, 2003).

Kobu (1987) kalite kontrol fonksiyonunu dört ana aşamaya ayırmıştır;

- 1) Standartların kurulması: Tepe yönetimi politikaları, tüketici istekleri ve teknolojik olanaklar göz önüne alınarak mamul kalitesini ilgilendiren maliyet, güvenilirlik ve performans standartları saptanır,
- 2) Uygunluk sağlanması: Üretilen mamulün kalite özelliklerinin önceden saptanan standartlara uygunluğunun sağlanması,
- 3) Düzeltici kararlar alınması: Standartlardan tolerans limitleri dışına taşan sapmalar meydana geldiğinde gerekli düzeltici kararların alınması,
- 4) Geliştirme çalışmaları: Kalite ile maliyet, güvenilirlik ve performans standartlarının geliştirilmesi, yeni yöntem ve teknolojilerin araştırılması.

Kalite kontrolünün ana aşamalarını, alt aşamalara ve ayrıntılı faaliyetlere ayırmak mümkündür. Ancak sadece ana aşamalarda kalite kontrolün, işletmenin tüm departmanlarını, değişen derecelerde de olsa, ilgilendiren bir fonksiyon olduğu söylenebilir. Gerçekten kalite kontrolünü, sadece muayene veya fabrikanın belirli bir departmanında sürdürülen faaliyetler olarak düşünmemek gerekir. Kalite kontrol, genel müdürden tezgah operatörüne kadar tüm personelin derece derece sorumluluk taşıdığı, hammadde girişinden mamul dizaynına ve imalattan mamul ambarına kadar üretimin her aşamasını oluşturan faaliyetler topluluğudur (Kobu, 1987).

1.2.2.1 Kalite Kontrolünün Amaçları

Kalite kontrol sisteminin temel gayesi, üretimde kalitesizliği önlemektir. Çünkü işletme geri alamayacağı bir gidere yol açması sebebiyle kalitesiz ürünler elde etmek gayesiyle kurulmamıştır. Bu konuda hiçbir tedbir almaz ve bozuk ürünleri piyasaya sürerse prestij kaybı ve satışların azalması sebebiyle ciddi bir kayıpla karşılaşır. Kalite kontrolün amacı, tüketici isteklerini ve işletmenin temel gayesini birlikte gerçekleştirerek, ürünün muhtemel en ekonomik seviyede üretilmesini sağlamaktır. Böylece plan ve programların etkin bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktır. Genel gayenin elde edilmesine yönelik olarak bir takım tali gayeler de vardır. Bunlar:

- İşin daha başlangıçta doğru yapılmasının sağlanması ile eldeki makine ve iş gücünden en yüksek verimin temini,
- Hatalı ürünleri düzeltmek için kullanılan sürenin yol açtığı üretim kayıplarının ve hurda, fire atık oranının azaltılması,
- Alıcıya istediği toleranslar içinde kalan ürünlerin verilmesi ile firmaya itibar temin edilmesi,
- İç piyasalarda yerli mamule güvenin tesisi, dış pazarlarda rekabet gücünün kazanılması,
- Ürün kalitesini geliştirmek,
- İşletme ve kalite masraflarını azaltmak,
- İşletme mensuplarının moralini yükseltmek,
- İşçi-işveren ilişkilerinin düzenlenmesi,
- Tüketicinin parasının karşılığını aldığını görerek memnun olması, müşteri şikâyetlerinin azalması ve tüketicinin korunmasıdır. Bu maddeler daha da çoğaltılabilir (Bircan ve Özcan, 2003).

Günümüzdeki anlayışa uygun bir kalite kontrol sisteminin ilk kez kurulmaya başlandığı bir işletmede yukarıdaki alt amaçlardan bazılarına öncelik verilmesi zorunludur. Kuruluş ve adapte olma güçlükleri göz önüne alınarak başlangıçta sadece birkaç alt amacın gerçekleşmesine öncelik vermek yerinde bir politika olur. İlk yıllarda olumlu sonuçlar alındığı takdirde amaçların kapsamı kolaylıkla genişletilebilir. Aslında amaçlar arasında bağımlılık vardır. Dolayısıyla birinde sağlanacak başarının diğerlerini de olumlu yönde etkileme olasılığı yüksektir (Özdamar, 2006).

1.2.3 Toplam Kalite Yönetimi

Toplam Kalite Yönetimi'ne (TKY) geçmeden önce kavramlara daha iyi açıklık getirmek amacıyla Toplam Kalite (TK) ve Toplam Kalite Kontrol'den (TKK) bahsetmek daha faydalı olacaktır.

1.2.3.1 Toplam Kalite Kavramı

TK bir işletmede yapılan bütün işlerde, müşteri isteklerini karşılayabilmek için şart olan yönetim, insan, yapılan iş, ürün ve hizmet kalitelerinin bir sistem yaklaşımı içerisinde, tüm çalışanların katılımı, hedef ve fikir birlikleri sağlanarak ele alınması ve geliştirilmesidir (Dik, 2003).

Günümüzde istenilen kalite düzeyinin uygun maliyetlerle beraber sağlanması amacıyla TK yaklaşımı gündeme gelmiştir. TK yaklaşımına göre kalite, bir yaşam tarzı ve bir bakış açısı olmalıdır. Kişinin çalışmasıyla, işletmesiyle, kısaca yaşamla bütünleşmesidir (Uryan, 2002).

TK modelinin öğelerine genel olarak bakıldığında (Dik, 2003);

Önlemeye dönük yaklaşım; TK modelinin temelinde var olan, "hataları ayıklamak" yerine " hata yapmamak" yaklaşımı ile hatalar meydana gelmeden önlenmiş olur.

Ölçüm ve İstatistik; Ölçülemeyen şey geliştirilemez. Bu nedenle, ölçüm ve istatistik, TK'nin vazgeçilmez parçalarıdır. İstatistiğin vazgeçilmez önemi, aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmaktadır:

- Doğal olayların tümünde değişkenlik vardır. Bu değişkenliği ölçebilmek için istatistiğe başvurmak şarttır.
- Hataların çok büyük bir bölümü değişkenlikten kaynaklanır. İstatistik biliminin tekniklerini uygulayarak değişkenliğin özellikleri incelenir ve hataların kaynakları bu yolla tespit edilebilir.
- İstatistik teknikleri analize yardımcı olduğu gibi, iletişimi de kolaylaştırır, konuya farklı açılardan bakan kişilerin aynı dili konuşmasına imkân sağlar.
- İstatistiksel düşünme alışkanlığını geliştirmek, gerek yönetici, gerekse teknik personel için son derece yararlıdır.

Grup çalışması; Çalışma gruplarının temel amacı, işin yapılma yöntemini irdelemek ve geliştirmektir. İşlevleri ve yararları, aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- "İşletme körlüğü"nü aşmada en etkili yöntem, grup çalışmasıdır. Bireylerin bulamadıkları sistem aksaklıklarını, gruplar kolayca bulabilirler.
- Bu tür çalışmalar, kişilerin teknik bilgilerini geliştirir, işini daha iyi anlamasına ve konuya bütünsel bakmasına yardımcı olur.
- Çalışanların sorun çözme alışkanlıklarını geliştirir.
- Çalışanlara iletişim alışkanlıkları yerleştirir.
- Yaratıcılığı geliştirir ve teşvik eder.
- Takım anlayışını yerleştirir.
- Kişisel ilişkileri ve etkileşimi güçlendirir.
- Ekonomik analiz, çağdaş yönetim ve katılımcı karar verme anlayışını geliştirir.
- Kişilerin işlerini seven, başardıkları ile gurur duyan insanlar olmalarına yardımcı olur.

Sürekli Gelişme; Hedef belli bir standardı tutturmak değil, seviyeyi, o seviye ne olursa olsun, sürekli ve hızlı bir tempoda geliştirmektir. Sürekli gelişmede Dr. W. A. Shewhart tarafından ortaya atılıp 1950 yılında Dr. E. W. Deming tarafından özümzenerek Japonya'ya aktarılan P-U-K-Ö (Planla - Uygula - Kontrol Et- Önlem Al) çevriminin yeri büyüktür.

Yönetim Modeli; TK kavramının beraberinde getirdiği kendine özel bir yönetim modeli vardır (Dik, 2003).

1.2.3.2 Toplam Kalite Kontrolü

TKK, tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak amacıyla işletme içindeki pazarlama, mühendislik, imalat ve müşteri hizmetleri gibi çeşitli ünitelerin kalitenin oluşturulması, yaşatılması ve geliştirilmesi yolundaki çabalarını birleştirip koordine eden sistemdir (Feigenbaum, 1991).

“Toplam Kalite Kontrol” müşterilerin memnurluk duyarak satın alacakları ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi, tasarımı, üretimi, pazarlanması ve satış sonrası hizmetinin maliyet düşürülerek yapılmasıdır. Bu hedeflere ulaşmak için bir kuruluşun bütün kısımları beraberce çalışmalıdır. Kuruluşun bütün kısımları işbirliğini kolaylaştıracak sistemleri kurmak ve standartları hazırlamak ve uygulamak için gayret göstermelidir. Bu ancak;

istatistik, teknik metotlar, standart ve kurallar, otomatik kontrol, ölçü kontrolü, yöneylem araştırmaları, pazar araştırması gibi teknik bilgilerin tam olarak kullanılması ile oluşabilir (Uryan, 2002).

TKK, yönetimde bir düşünce evrimidir. Bu düşünce evrimini gerçekleştiren bir firmanın elde edeceği yararlar şu şekilde sıralanabilir (Ishikawa, 1985):

- Firmanın dinamizmi ve yapısı gelişir.
- Tüm çalışanların çabaları birleşir, herkesin katılımı sağlanır ve işbirliğine dayalı bir kalite güvenliği sistemi kurulur.
- Müşterilerle tüketicilerin güveni kazanılır.
- En yüksek kalite seviyesine ulaşma ve yeni ürünler geliştirmeye olanak sağlanır.
- Firmaların gelişme hızlarını artırır.
- İnsan kaynaklarına gereken önem verilir.

TKK'ya geçiş aşaması dünyanın her yerinde paralel olarak yaşanmamasına rağmen, ülkelerin kalite gelişimine baktığımızda genel olarak temel alınan değerlerin ortak olduğu bir dönem olarak TKK sürecinin varlığı göze çarpmaktadır. Kalite anlayışı TKK ile hem tüketici hem de üretici faydasını arttırmayı hedef almıştır (Özçil, 2014).

TKK'nın mesleki sonuçlarda amaca ulaşmak konusundaki genişliği ve gerekliliği, onu yönetim alanında yeni ve önemli bir hale getirmiştir. Yönetim ve teknik liderlikte TKK, dünya çapındaki birçok organizasyonlar için güvenilirlik sağlamış ve ürün kalitesi konusunda önemli gelişmeler meydana getirmiştir. TKK'nın benimsenmesi ile şirket yönetimlerinde servis ve ürün kalitesi konusunda güç ve güven artışı, pazarlama hacminde büyüme, ürün çeşitliliğinde daha üst düzeye ulaşma ve böylece sabit ve gelişen bir kâra sahip olma imkânları sağlanmıştır (Özer, 1991; Öztürk, 2007).

1.2.3.3 Toplam Kalite Yönetimi

Tarih boyunca üretimin artmasına, teknoloji ve bilimin ilerlemesine paralel olarak bir yandan kalite geliştirme diğer yandan yönetim geliştirme çalışmaları sürmüştür. Doğal olarak bu iki süreç birbirleri ile sürekli etkileşim içinde olmuştur ve bugün Toplam Kalite

Yönetimi (TKY) noktasında buluşmuşlardır. Bu bakımdan TKY hem “kalite yönetimi” hem de “yönetimin kalitesi”ni bir bütün olarak ifade eden sentezlerdir (Gökçümen vd., 1999).

TKY, kalite kavramları arasında en fazla dikkat çekenlerden biridir. Uygulama temelleri, kalite duayenlerinin ortaya atmış olduğu kalite araçlarının kullanımına dayanmaktadır. Felsefesinin temelinde ise; kalite anlayışının bireysel veya sadece bir grubun çabasıyla ortaya koymaktan çok, organizasyonun tüm süreçlerinde uygulanacak toplu bir hareketin ürünü olduğu yatmaktadır (Büker, 2007).

TKY’yi diğer yönetim sistemlerinden ayıran en önemli fark, her çeşit organizasyonu daha mükemmele götürebilecek bir yönetim sistemi olarak evrensel bir kabul bulmasıdır. Bu kabulün altında yatan en önemli neden, kurumların ihtiyaçlarını, geleneksel yaklaşımlardan çok farklı bir boyutta değerlendirerek oluşturduğu sentezi yaratan düşünce tarzı, yani felsefesidir (Gökçümen vd., 1999).

TKY; işletmelerde işgörenlerin, tüketicilerin, ortakların, bayilerin, tedarikçilerin vb. memnuniyetini esas alan, mal ya da hizmetin örgütsel süreç, sistemlerin tasarımı ve sürekli iyileştirilmesi yoluyla beklentilerin üzerinde olmasını hedefleyen bir yönetim felsefesidir şeklinde tanımlanabilir (Wilkison, 1992).

Miyauchi’ye göre TKY; bir organizasyon içinde kaliteyi odak alan, organizasyonun bütün üyelerinin (toplam) katılımına dayanan, müşteri memnuniyeti yoluyla uzun vadeli başarıyı amaçlayan ve organizasyonun bütün üyelerine ve topluma yarar sağlayan bir yönetim yaklaşımıdır (Miyauchi, 1999).

Feigenbaum’a göre TKY; en ekonomik düzeyde tam bir müşteri tatmini sağlayacak ürün veya hizmet üretebilmek için bir örgütteki çeşitli grupların kalite geliştirme, kaliteyi koruma ve kalite iyileştirme çabalarının bütünleştirilmesi için etkili bir sistemdir (Feigenbaum, 1991).

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere TKY, örgüt yönetiminde müşteri odaklı, sürekli gelişme, istatistiksel düşünme, grup çalışması, sürekli eğitim, tedarikçilerle iş birliği, üst

yönetimin liderliği ve önleyici yaklaşım gibi ilkelerin benimsendiği bir tür yeniden yapılanmanın gereğini vurgulamaktadır (Peşkircioğlu, 1999; Akşit vd., 2000).

Toplam Kalite Yönetiminin İlkeleri

Kalite uzmanları tarafından birçok farklı yaklaşımlarla ele alınan TKY süreci beş temel ortak noktada buluşmaktadır (Stace, 1994):

- Yönetimin Bağlılığı ve Liderlik
- Müşteri Odaklılık
- Toplam Katılımcılık ve Çalışanların Geliştirilmesi
- Sistematik Analiz (Süreçlerle ve Verilerle Yönetim)
- Sürekli İyileştirme

Yukarıda bahsedilen beş faktörün her birinin önem derecesi aynıdır. İşletme bünyesinde TKY anlayışının başarılı olabilmesi için bu faktörler göz önünde bulundurulmalı ve uygulanmalıdır.

Yönetime bağlılık ve liderlik: Kalitenin iyileştirilmesi için, yönetim kaliteye bağlılığını net bir şekilde ortaya koymalı ve iyileştirme sorumluluğunu kabul etmelidir. Kalite, yönetimin sorumluluğunda olmalıdır. Çünkü iyi şeyler düşünerek ve şansa bağlı olarak elde edilemez. Kalite kendisine inanan, onu benimseyen ve ona bağlanan örgütler ve kaliteli çalışanlar ile birliktedir. Kalite, etkin bir yönetim şeklidir, bunu başarmak için örgütlerin kaliteyi benimsemiş ve kaliteyi bir hayat felsefesi yapmış yöneticilere ihtiyacı vardır. Sistem geliştirmek, sadece yönetim görevi yürütenlere özgü bir sorumluluktur. Yönetim kalitesi geliştikçe, sistem geliştirme yetki ve sorumluluğu da artmaktadır (Gökmen, 2015).

TKY’de liderlik çok etkin bir kavramdır. Lider müşterilerle, kurumun işbirliği yaptığı kuruluşlarla ve toplumun temsilcileri ile olan ilişkileri yürütür. Tüm çalışanlarla katılımcı bir işbirliği gerçekleştirerek mükemmellik kültürünü yayar. Sorumluluk ve risk alarak onların işi üstlenmeleri için motive eder. Çalışanlara karşı etkili konuşur ve iyi bir iletişim

ağı oluşturur. Bütün uygulamada en önemli faktörün insan olduğuna inanır ve çalışanları bu yönde etkiler (Erkılıç, 2007; Türküz, 2014).

Lider, ait olduğu grubun amaçlarını belirleyerek o gruptaki kişileri örgütün amaçlarının arkasından sürükleyen kişidir (Ersen, 1997).

TKY’de liderlik bir anlamda "ben" değil "biz" diyebilmektir. Mutlak gücün yitirilmesi pahasına "biz" diyebilmek, klasik liderlik anlayışına göre önemli bir dönüşümü vurgulamaktadır. Çünkü TKY yaklaşımının en önemli unsurlarından birisi takım çalışmasıdır (Gencel, 2001).

Üst yönetimin TK’ye inancının ve desteğinin sürdürülmesi açısından liderlik yapacağı konular aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Ersen, 2003):

- İstek ve beklentilerin oluşturulması,
- İşlerin analiz edilerek yeniden dizayn edilmesi,
- Çalışanların yönlendirilmesi için rol ve sorumlulukların belirlenmesi,
- Disipline edilmiş bir stratejik yönetim iş planı yapılması ve uygulanması,
- İstenilen sonuçlara ulaşılabilmesi yönünde yöneticilere gerekli desteğin, eğitimin, yetki ve sorumlulukların verilmesidir.

Lider, işletmenin var oluş nedenlerini, gelecekte de var olabilmesi için belirlemekte ve bunu tüm organizasyon tarafından paylaşılan ortak değerler haline getirmektedir. Liderin temel işlevi, stratejik planlar yapmak ve bunu en alt düzeydeki çalışana kadar indirgeyerek organizasyonu yönlendirmektir (Yaman, 2013).

Müşteri odaklılık: Müşterileri kitlesel olarak değerlendiren, yüksek kaliteli ve düşük fiyatlı ürünler üreterek bunları fazla sayıda müşteriye ulaştırmaya çalışan geleneksel pazarlama anlayışı değişmeye başlamıştır. Pazarlama uygulamaları son yıllarda pazara değil müşteriye odaklanmaktadır (Demir ve Kırdar, 2007). Günümüzün yoğun rekabet ortamında işletmelerin piyasada kalabilmesinin temel şartı, kısaca müşteri odaklı bir stratejinin uygulanması olarak ifade edilmektedir (Akın, 2001).

Müşteri odaklı olmak, bir işletmenin müşteri ve pazardaki gelişmeleri merkez olarak belirleyerek faaliyetlerine yön vermesi felsefesine dayanmaktadır. Burada müşteriler ile ilgili iki önemli kavram ortaya çıkmaktadır: onların ihtiyaç ve beklentileri. Böylece TKY'de rekabet avantajı sağlayabilmek için müşterilerin ihtiyaç, istek ve beklentileri doğrultusunda işletmedeki TKY süreçlerine yön vermesi sağlanırken, işletmelere de mal ve hizmet geliştirme konusunda bilgi akışı sağlanır ve müşteri ihtiyaçlarına hızla cevap verebilme olanağı doğar (Çetin vd., 2001).

Müşteri odaklılık ilkesi kapsamında iki çeşit müşteriden söz edilmektedir. Bunlardan biri; işletme dışında bulunan ve ürün veya hizmet talep eden *dış müşteri*, diğeri ise işletmeyi daha yakından tanıyan ve üretilen ürün hakkında kesin fikir sahibi olan, mal ve hizmetlerin üretilmesinde doğrudan ya da dolaylı olarak katkı sağlayan tüm işletme çalışanlarının oluşturduğu *iç müşteridir*.

İç müşteri: İşletme içindeki her birim, kendinden bir önceki safhanın müşterisi konumundadır. İşletmeler dış müşterilerini mutlu etmek ve kârlarını artırmak istiyorlarsa iç müşteri kavramını çok iyi anlayıp onları mutlu etme yollarını aramalıdır. Tüm sistemlerin adil olması, çalışanların düşüncelerine saygı, kararlara katılım, işyeri koşullarının iyileştirilmesi, sosyal ve kültürel aktiviteler, duyarlı bir üst yönetim, iç müşterilerin verimli olmasını sağlayacak faktörlerdir. Kısacası dış müşteri mutluluğu, iç müşteriden geçmektedir.

Dış müşteri: Sunulan ürün ve hizmetleri satın alarak kendi kişisel amaçları için kullanan ve çalışanların ücretlerinin ödenmesini sağlayan müşteridir. Dış müşteri, bir mal veya hizmetin nasıl, hangi süreç içinde, kim tarafından ve hangi araçlarla yapıldığından çok; kendisine nasıl yansıdığına, kusursuz ve hatasız olmasına, doyum sağlayıp sağlamadığına, ihtiyaç ve beklentilerine ne derece uyduğuna, verilen sözlerin ne ölçüde yerine getirildiğine dikkat etmektedir.

Müşterilere daha etkin hizmet etmesi için bütün çalışanların eğitimi, geliştirilmesi, yönlendirilmesi denetlenmesi ve motivasyonu "içsel pazarlama"yı oluşturur. Ürün ve hizmetleri sunan, müşterilerle direkt ilişkide olan personelin de insan ilişkilerinde başarılı, deneyimli ve iyi eğitilmiş olması gerekmektedir. Nitelikli, yetenekli ve eğitilmiş personel müşteri memnuniyetinde işletmenin temel gücünü oluşturur. İşletmelerin varlıklarını

sürdürmesi için müşteri kazanması, memnun etmeyi sağlaması, elde tutmayı sağlayacak her türlü çabayı harcaması gerekir.

- Müşteriyi tanımak,
- Müşteriye yakın olmak,
- Müşteriyi dinlemek,
- Müşteriden gelen geri bildirimleri dinlemek,
- Eleştiri, şikâyet ve önerilerden yeni politikalar geliştirmek,
- İstek ve beklentilere uygun mal ve hizmet tasarımlarına gitmek,
- Satış ve satış sonrası hizmetlere önem vermek, gibi tüm bu unsurlar müşteri sürekliliğinin temel esaslarıdır (MEGEP, 2011).

Toplam katılımcılık ve çalışanların geliştirilmesi: Kuruluşun tümünün ortak hedefler doğrultusunda bir uyum içinde yol alması TKY'den beklenen önemli bir özelliktir. Bunun için, kuruluşu oluşturan ve kuruluşun ilişki içinde olduğu bütün öğelerin mümkün olduğunca katılım ve katkılarının sağlanması gerekir (Aktaş, 2005).

Kurum içerisinde ortaya çıkan problemin çözümünde, değişim ve gelişim sağlanmasında, çalışanların enerjisinden faydalanılması gereği önem kazanmakta ve yoğun rekabet ortamında müşteri memnuniyeti; ürün veya hizmetin tasarımından sunumuna kadar tüm süreçte, ancak tüm çalışanların katılımıyla sağlanabilmektedir. Buradaki katılımdan, sadece üst yönetimde olan kişilerin katılımı değil, tüm örgüt çalışanlarının katılımı ifade edilmektedir (Yüksel, 1998b).

Katılım, sadece kalitenin sürekli gelişimi için yapılmamalıdır. Tam katılım, motivasyonu arttırmak için de önemlidir. Karar alma sürecinde ise, sadece danışılarak da olsa iş görenlerin katılımının sağlanması durumunda, işverenler alınan kararları daha dikkatli olarak uygulamaya çalışacaklardır (Öztürk, 1993).

TKY'nin en önemli unsurlarından biri de kapsamlı, sürekli ve yaygın eğitimidir. TKY'de eğitim, işlerin doğru bir şekilde yapılması için bilgi kazandırma faaliyetinin yanında, tüm süreçlere yönelik iyileştirme ve geliştirme fırsatlarının da çalışanlar tarafından

değerlendirilebilmesine olanak sağlayan yeni bilgi ve yetenekler kazandırma işlevi taşımaktadır (Bolat, 2000).

TKY sistemi, yöneticiler ve çalışanlar için gelişme ve değişim anlamında önemli bir adımdır. Yöneticilerin ve çalışanların eğitimle yaratıcılıkları artmakta, değişen gelişmelere ayak uydurma aşamasında etkili olmaktadır. TKY’de istenilen başarıya ulaşılması için eğitim uzun vadeli bir plan olarak yapılmalı ve sürekli öğrenmeyi öngören eğitim planlaması uygulanmalıdır. TKY’de eğitim aşamasında tüm yöneticiler ve çalışanlar aktif olarak yer almalıdır (Türküz, 2014).

Kalite konusunda verilen eğitimleri ise 3 grupta toplamak mümkündür (Atalay, 2010):

- 1) Temel kalite teknikleri, kalite araçları, problem çözme, iletişim teknikleri, istatistik yöntemler, süreç kontrol teknikleri, vb. konuların yer aldığı “İş bilgisi ve beceri eğitimi”
- 2) Müşteri hizmeti anlayışı, müşteri ilişkileri yönetimi, katılımcı yönetim, takım çalışması, süreç yönetimi, değişimin yönetimi vb. konularından oluşan “tutum değişikliğini destekleyici yöntemler”
- 3) Liderlik, kendi kendini yönetme, zaman yönetimi, raporlama yönetimi vb. konuları içeren “Davranış değişikliğine yönelik eğitimler”dir.

Sistematik Analiz (Süreçlerle ve Verilerle Yönetim): TKY’nin önemli ilkelerinden biri de sistematik analiz kavramı yani üretilen mal ve hizmetin kalitesinin ölçülmesidir. Sağlıklı veri ve sistematik ölçümler ile değişimlere kolayca ayak uydurulabilir ve sürekli iyileştirme gerçekleştirilebilir (Kavrakoğlu, 1994).

Sistematik analiz ile mevcut durum tespiti, politikaların belirlenmesi, gerekli kaynakların sağlanması, önceliklere ve vasıtalarla karar verilmesi, sorunların ve çözümlerinin ortaya konulması ve tüm kalite faaliyetlerinin takibi sağlanır.

Sistematik analiz, problemlerin doğru teşhis edilmesi ve çözümlerinin bulunmasına yardımcı olur. Hataların nereden kaynaklandığını ortaya koyar ve prosesin kontrol altında olup olmadığını belirler. Sistematik analiz sürecinde kullanılan problem çözme teknikleri ile sistemin kendisini ölçmesi ve değerlendirmesi mümkün hale gelir (Toraman, 2010).

Sürekli İyileştirme: Japonca “Kai” yani “değişim” ve “Zen” yani “iyi” sözcüklerinin bir araya getirilmesinden oluşan Kaizen kavramı; sürekli iyileştirme, sürekli gelişme olarak dilimizde kullanılmaktadır. Kaizen, TKY’nin ardındaki bir yaşam tarzını, bir felsefeyi anlatır (Özveren, 2000).

Sürekli iyileştirme (Kaizen), iyi yönetimi yönlendiren temel kavramdır. Yıllar içinde geliştirilmiş ve kullanılmış yönetim felsefelerini, teorilerini ve araçlarını bir araya getirmiş tek bir kavram altında toplamıştır. Sürekli iyileştirmenin temelinde; özellikle işçiler tarafından gerçekleştirilen sürekli, küçük iyileştirmeler yatar. Hiçbir işlem, hiçbir akış, küçük bir iyileştirme yapılamayacak kadar mükemmel değildir. İyileştirme olanaklarının araştırılması herkesin, özellikle de o işte çalışanların görevidir yaklaşımı bu felsefede hakimdir (URL-1, 2016).

Sürekli gelişme anlayışında hedef, belli bir standardın tutturulması değil, seviyenin sürekli olarak geliştirilmesidir. Sürekli gelişme anlayışını benimsemiş olan organizasyonlar birçok yönden üstünlük kazanmaktadır. Bu üstünlüklerin en önemlisi, müşteri beklentilerinin en üst seviyede tatmin edilmesidir. Bunun yanında örgütün kazanacağı diğer üstünlükler ise;

- Kuruluşun tüm faaliyetlerinde canlılık oluşması,
- Bölümlerin kendilerine ait işlerini daha etkin ve verimli bir şekilde yürütmesi,
- Kuruluşta yer alan herkesin aynı amaç ve hedefler doğrultusunda çalışması,
- Çalışanların bilgi ve beceri düzeyi yükseltilerek, motivasyonunun artırılması şeklinde ifade edilebilir (Saraç, 2000).

1.2.4 İstatistiksel Kalite Kontrol

İKK ilk kez 1924 yılında Walter E. Shewhart tarafından Bell Laboratuvarları’nda uygulanmıştır. İKK, “bir ürünün önceden belirlenmiş olan kalite standartlarına uygun

olarak üretilmesini sağlamak amacıyla, istatistiksel yöntemlerin üretimin tüm aşamalarında uygulanması” olarak ifade edilebilir (Doğan, 1991).

Deming, İKK’yı, “bir ürünün en ekonomik şekilde, en yüksek düzeyde yararlı, aynı zamanda bir pazara sahip olacak biçimde üretimini sağlamak üzere, istatistik prensip ve yöntemlerinin, üretimin bütün aşamalarında uygulanmasından ibarettir” şeklinde tanımlamıştır (Başkan, 1997).

İKK çalışmalarının yapılması, kalite özelliklerinde oluşabilecek sapmaların ortaya çıkarılması ve buna bağlı olarak üretim maliyetlerinin düşürülmesi, işgücü verimliliğinin artırılması ve tüketicinin korunması açısından önemlidir (TÜİK, 2011).

TKY çerçevesinde istatistiğin ve İKK’nın önemi gittikçe artmaktadır. Nitekim TKY’nin pek çok aşamasında veriler bulunmaktadır. Kısacası verilerin bulunduğu her yerde istatistiğe gereksinim duyulur. Örneğin, üretilen ürünlerin istenilen standartlara veya spesifikasyonlara göre üretilip üretilmediklerinin ölçümü, çalışanların verimlilikleri, makine ve proseslerin yeterliliği dışında, insan kaynaklarına ilişkin alt sistemlerin hemen hemen tamamında istatistiğe ihtiyaç duyulur. Japonların kalite konusunda bu kadar gelişmesini ve batıya teknoloji satabilecek düzeye gelmesini Kaoru Ishikawa, İKK, proses ve kalite analizlerinin kullanımı sonucu gerçekleştirdiğini belirtmiştir (Ishikawa, 1995; Işığışok, 2012).

İKK, ürünlerin şartnameleri ve toleransları ile uğraşan geleneksel kalite kontrolünden farklıdır. En önemli özelliği, ürün karakteristiklerinin şartnameler veya toleranslar ile karşılaştırılmasından çok, alınan ölçülerin üretim sürecinin doğal değişkenlik sınırları ile karşılaştırması üzerine yoğunlaşmasıdır. Bu bakımdan İKK yaklaşımı hem ürün karakteristiklerinin (boyut, yüzey pürüzlülüğü, sertlik vs.), hem de süreç karakteristiklerinin (sıcaklık, basınç, devir sayısı vs.) ölçülmesi ve izlenmesini gerektirebilir. Ölçümler sürecin meyli hakkında bilgi verir (örneğin kararlı ve kararsız olduğu hakkında). Bu bilgiler bazı sorunlar için erken uyarı sağlayarak, önlem alınmasını bildirir. Böylece sürecin geliştirilmesi, hataların azaltılması ve müşteri beklentilerine (veya tasarım şartlarına) uyan üretim yapılması mümkün olur. Oysa geleneksel kalite kontrole göre, ürün karakteristiklerinin şartnameler veya toleranslar ile karşılaştırarak yapılan

muayenesinde, hata ve ıskartaların meydana gelmesi önlenemez. Bu durum yüzde yüz muayenede dahi geçerlidir (URL-2, 2013).

Kalite kontrolde istatistik tekniklerinin uygulanmasıyla hem kalite kontrol işlemleri bilimsel temellere dayandırılmış, hem de verilerin analizi ve yorumlanması ile ürün ve hizmetin kendisi değil, onu gerçekleştiren süreçler kontrol altına alınmış ve bu sayede sürekli iyileştirilmesi sağlanmış olur.

İstatistiksel kalite kontrolün belli başlı faydaları şunlardır (Başkan, 1997):

- Kalite seviyesinin artırılması,
- Verimliliğin artırılması,
- Tamir ve firelerin azaltılması,
- Maliyetlerin düşürülmesi,
- Kontrol kriterlerinin açık ve basit olarak belirlenmesi,
- Standartların geliştirilmesi,
- Azalan problemler nedeniyle çalışanlar arası veya yöneticilerle olan ilişkilerin geliştirilmesi,
- Kalite farklılıklarının en aza indirilmesi,
- Ürün güvenilirliğinin artması,
- Kapasitenin artması,
- Kârın artması,
- Rekabet gücü ve pazar payının artması,
- Bölümler arası ilişkilerin düzelmesi İKK'nin belli başlı faydalarıdır.

İKK çalışmaları iki farklı kontrol sürecinden oluşmaktadır:

- Süreç (proses) kontrolü,
- Ürün kontrolü.

Süreç Kontrolü: Ürünün üretimi aşamasında yapılan kalite kontrolüdür ve “üretimde kalite kontrolü” olarak da adlandırılır. Shewhart Kontrol Grafikleri, bir sürecin kalite kontrolünün yapılmasında kullanılan önemli bir araçtır. Süreç kontrolünde ürün kalite

kontrolü yapılırken, nicel ya da nitel değişken türü ile karşılaşılır. Değişkenlerin kalite kontrolünde ilgilenilen karakteristikler sürekli bir ölçek üzerinden ölçülmüş ise bu durumda ilgilenilen karakteristikler niceldir. Örneğin; üretimleri makineyle yapılan vidaların uzunluğunun ölçülmesi vb. ilgilenilen karakteristikler varlık veya yokluk üzerinden ölçülmüş ise bu durumda ilgilenilen karakteristikler niteldir. Üretilen ampullerin kusurlu olup olmamasının ölçülmesi böyle bir durum için örnek olarak verilebilir (TÜİK, 2011).

Ürün Kontrolü: Kullanıcıların istekleri doğrultusunda kullanılmak üzere üretilen ürünlerin kontrolüdür. Kabul örnekleme yöntemi ile yapılır. Ürün kontrolünde, önceden belirlenmiş bazı karar ölçütlerine dayanarak kabul veya ret kararı verilir. Kabul örnekleme yöntemi ve Çalışma Planı Eğrileri, ürün kalitesinin sınıflandırılması için çok önemli birer araçtır (TÜİK, 2011).

1.2.4.1 İKK’de Temel İstatistik Yöntemler (Yedi Yöntem)

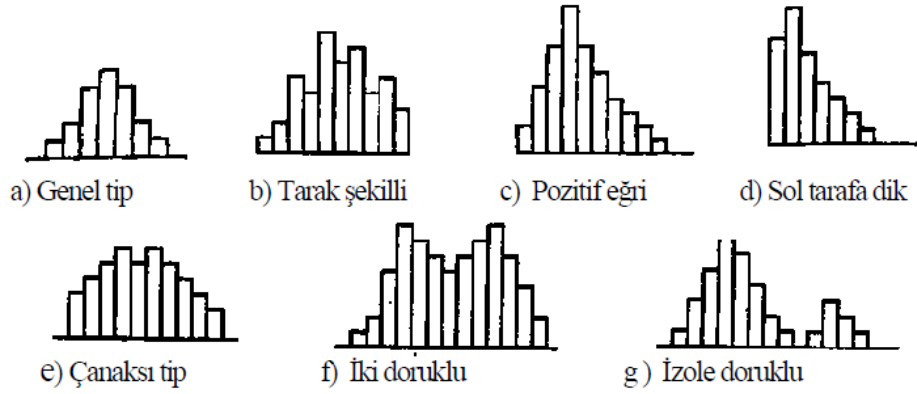
İstatistiksel Proses Kontrol’de (üretim sırasında yapılan kalite kontrollerinde) yedi istatistiksel teknik uygulanır. Bunlar:

- Histogram
- Kontrol listesi
- Sebep-sonuç diyagramı
- Pareto analizi
- Hata yoğunluk diyagramı
- Dağılım diyagramı ve
- Kontrol grafikleridir (Bircan ve Özcan, 2003).

Histogram

Histogramlar genellikle bir olayın oluş sıklığını göstermek ve belirlenen zaman aralığında tanımlanan problemin daha sık meydana gelip gelmediğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılımın şeklini bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Her histogram yalnızca tek bir özelliği ölçmektedir. Aynı özelliğe ait zaman içinde birden fazla histogram yapılmak suretiyle olay izlenebilir (DeVor, 1992).

Veriler ne kadar çok olursa ($n \geq 30$) elde edilen histogram, gerçeği o derece yansıtır ve sağlıklı bilgiler elde edilir. Oluşturulması ve yorumlanmasında ortalama, mod, medyan, dağılım aralığı, sınıf aralığı, standart sapma gibi istatistiksel araçlardan yararlanılır. Konuyla ilgili kişiler gerekli analizleri yaparak değişkenliğin ortadan kaldırılmasını sağlar (Gümüšoğlu, 2000). Başlıca histogram çeşitleri Şekil 1’de görülmektedir (Bozkurt, 2003a; Dengizler Kayaalp, 2007).



Şekil 1: Histogram çeşitleri.

Kontrol Listesi

Kontrol listesi üretimden alınan örnek verilerine dayanarak üretimin eğilimini veya ölçüm değerlerinin dağılımını görmede bir başlama noktasıdır. Üretim esnasında ortaya çıkan olayların hangi sıklıkta olduğunu kolayca görebilmede kullanılan, kullanımı ve anlaşılması kolay bir formdur. Kontrol tabloları vasıtasıyla, prosesin zaman içindeki değişimleri mukayeseli olarak görülebilir. Böylece en çok karşılaşılan hata çeşidi de tespit edilmiş olur (Bircan ve Özcan, 2003).

Kontrol tablosunda en çok dikkat edilecek unsur, verinin doğru ve dikkatli bir biçimde temin edilmesidir. Temin edilen verilerin kolay ve hızlı bir biçimde kullanılması ve analiz edilebilmesi için; veriler, tablo halinde düzenlenir. Her bir veri için ayrı ayrı kontrol tablosu hazırlanır (Dale, 1990).

Kontrol tablosu oluşturulduğu zaman verinin toplandığı tarih, verinin tipi, parti numarası, analizi yapan kişi ve proseste oluşan değişikliklerin sebebini tespit etmede yararlı olabilecek diğer bilgilerin anlaşılır biçimde belirtilmesi büyük önem taşır (Montgomery, 1991).

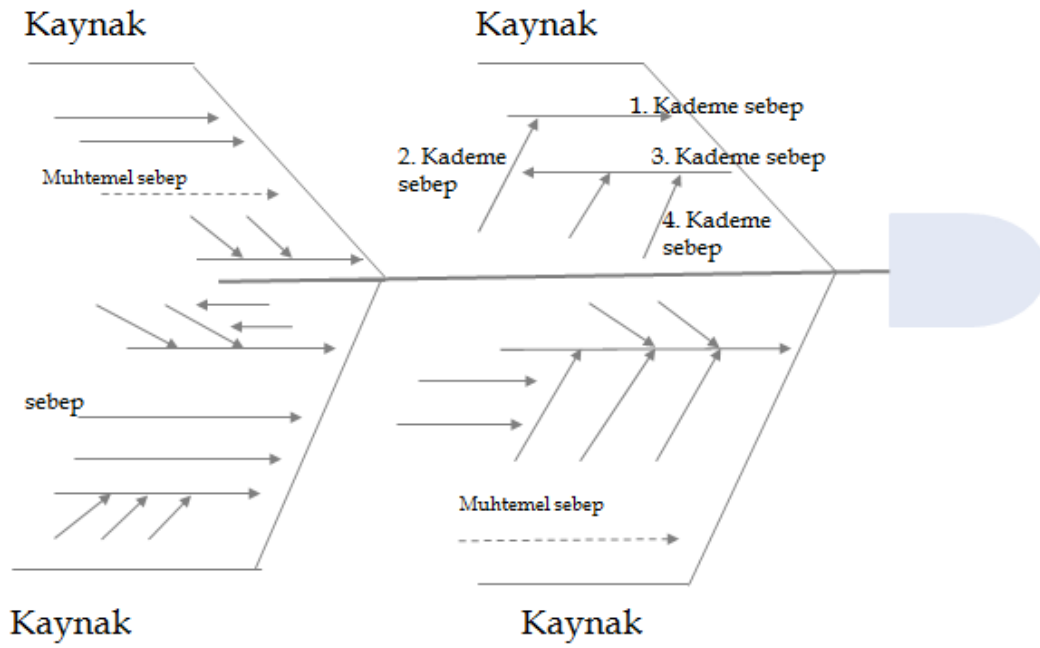
Sebep-sonuç Diyagramı

Sebep-sonuç diyagramı ilk kez 1943 yılında kalite devriminin mimarlarından biri olan Kaoru Ishikawa tarafından, işletmelerde kalite sorununun nedenlerini belirlemek için bir metot olarak kullanılmıştır. Bu yüzden, Ishikawa diyagramı veya benzerliği nedeni ile balık kılçığı diyagramı olarakta bilinir (Yıldırım, 1999).

Bir iş sürecini geliştirmek için, sürecin detayı ve süreç sonunda elde edilen çıktılar hakkında yeterli ve gerekli bilgiye sahip olmak gerekir. Sebep-Sonuç diyagramı bu amaca ulaşmak için kullanılan önemli bir kalite kontrol aracıdır.

Genel olarak istatistiksel yöntemler, sonuçlardan ve sorunlardan hareketle bunları doğuran nedenler arasındaki karmaşık ilişkinin ortaya çıkarılmasına, gruplandırılmasına, önceliklendirilmesine ve öncelik sırasına göre çözüm için ana problem üzerine yoğunlaşmasına yardım etmektedir. Bu ise en kolay sebep-sonuç analizi ile yapılabilmektedir (Akarsu, 2012). Sebep-sonuç analizi ile hatalı ürünler ve buna neden olan temel sebepler sistematik bir şekilde izlenebilmektedir.

Sebep-sonuç diyagramları, ortaya çıkmış bir sonucun oluşmasına neden olan ana nedenler ile bunlara bağlı olan alt nedenlerin belirlenmesinde kullanılır. Aynı zamanda, herhangi bir sürece ilişkin temel faaliyetleri tespit etme ve gerektiğinde iyileştirme yapmak için de kullanılmaktadır. Sebep-sonuç diyagramında, sonucu doğuran ana nedenler ya da süreci oluşturan temel faaliyetler, ortadan geçen doğruya birleşen değişik yönlü çizgilerle temsil edilirler. Bu çizgiler ana sebep/faktörleri, bunlarla birleşen yan çizgiler ise yardımcı sebep/faktörleri temsil etmektedirler. Ortadaki okun sağ ucundaki kutunun içine ise sebeplerini bulmaya çalıştığımız sonuç ya da analiz ettiğimiz sürecin adı yazılır (Şekil 2) (Johannes ve Cloude, 1999).



Şekil 2: Sebeup-sonuç diyagramı (URL-3, 2014).

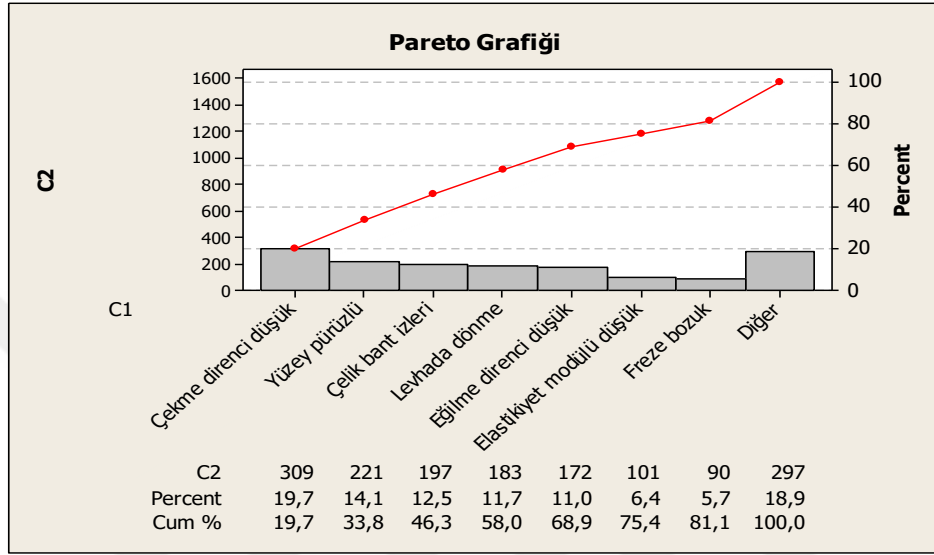
Sebeup-sonuç diyagramları diğerk araçlar gibi takım ruhunun gelişmesine yardımcı olur. Oluşturulması için geniş katılımlı toplantıların yapılması ve personelin fikirlerinin alınması gerekmektedir. Veri toplama, verileri sınıflama, verileri geniş bir perspektifte değerlendirebilme konusunda yönlendiricidir. Diyagramın etkili bir yönetim aracı olarak kullanılabilmesi sebeup-sonuç ilişkisinin doğru kurulmasına bağlıdır (Gümüşoğlu, 2000).

Pareto Analizi

Pareto analizi, dikkatleri en önemli problem alanlarına çekmek için kullanılan bir tekniktir. 19. yüzyıldan sonra İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto'nun adıyla anılan Pareto kavramı, toplam olaylar (şikâyetler, kusurlar, problemler) içerisinde diğerklerine nazaran daha yüksek orana sahip faktörleri gösterir. Bu görüş, durumları önem sırasına göre derecelendirmeyi sağlar ve sonrasında, daha az önemli olan sorunlar (trivial many) bırakılıp, en önemlileri çözmeye odaklanılır. Çoğu kez, 80-20 kuralı olarak anılan Pareto analizine göre; problemlerin (fiyat, maliyet vb.) % 80'inin sebebi, öğelerin % 20'sinden kaynaklanır. Örneğın, makine arızalarının % 80'i, makinelerin % 20'sinden kaynaklanır ve ürün kusurlarının % 80'i, kusur sebeuplerinin % 20'sinden kaynaklanır (Stevenson, 1993).

Pareto çizelgesi, frekans veya büyüklükteki azalan düzen ile ilgili bilgi taşıyan çubuk grafiğektir (Şekil 3). Çubuk grafiğek, herkesin önemsiz çok sayıda madde yerine önemli birkaç

maddeye odaklanmasını sağlar. Çubuk grafikte karşılaştırılan karakteristikler, frekans, maliyet ve müşteri memnuniyeti gibi çeşitli tarzdaki bilgileri gösterebilir (Andrew ve Gerald, 1983). Bu analiz sayesinde hatalar sınıflandırılarak, maliyetteki payı yüksek olanlar üzerinde çalışmalara ağırlık verilir. Hataların sınıflandırılması, muayene işlemlerini kolaylaştırdığı gibi, zaman ve maddi tasarruf sağlar (Efil, 1993).



Şekil 3: Pareto grafiği.

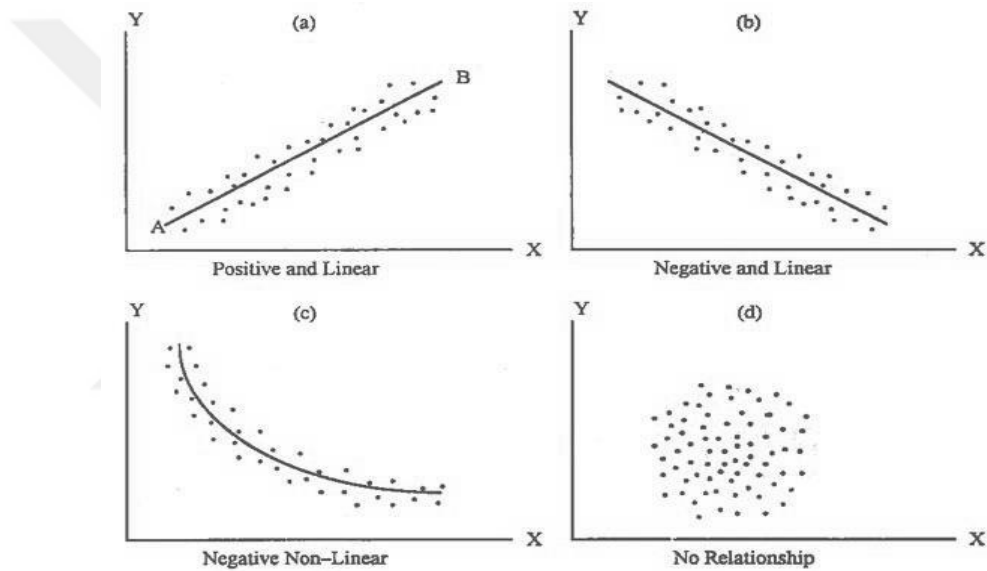
Şekil 3'te sol dikey eksen her bir kusur sınıfındaki sayıyı, sağ dikey eksen toplam kusur içerisindeki her bir kusurun yüzdelik dağılımını gösterir. Yatay eksen, en sık görülen kusurları soldan başlayıp en az görülenleri sağa doğru listeler. Her kategori için kusur sayısının kümülatif toplamı çizgi grafiği ile gösterilir (Ishikawa, 1995).

Hata Yoğunluk Diyagramı

Hata yoğunluk diyagramı, mamul maddeyi çeşitli açılardan gösteren bir resimdir. Mamulün görünen kısımlarına ait resimlerini ihtiva eden bu diyagramın üzerinde hataların tipleri işaretlenir. Her bir ürünün tek tek muayenesi sonucunda kusurların nerelerde yoğunlaştığı gözlenir ve bu kusurlar diyagramda ilgili yerlere işlenir. Gerekirse hata çeşitleri kategorilere ayrılarak her bir hata, farklı renkte, sembolde veya desende gösterilebilir. Böylece, mamulün neresinde veya hangi bölgelerinde ne tip kusurların yoğunlaştığı belirlenerek, üretim prosesinde bunların önlenmesine dönük tedbir alınır (Kartal, 1999).

Dağılma Diyagramı

Dağılma diyagramı iki değişken arasındaki potansiyel ilişkiyi belirlemede kullanılan bir noktalama tekniğidir (Şekil 4). Bu diyagramlar sorunların analizinde yardımcı olur. Bir Y değişkeni bir X değişkenine bağlı olarak değişiyorsa X yatay eksenini Y de dikey eksenini temsil etmek üzere her (X,Y) noktalarının oluşturduğu dağılım, bir dağılma diyagramını temsil eder. Dağılma diyagramındaki noktaların en dışta kalanları birleştirildiğinde elde edilen şekil; bir elips şeklinde ise X ve Y arasında doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir. Elips incelidikçe ilişki kuvvetlenir, elips daireye yaklaştıkça (genişledikçe) ilişki zayıflar (Bircan ve Özcan, 2003).



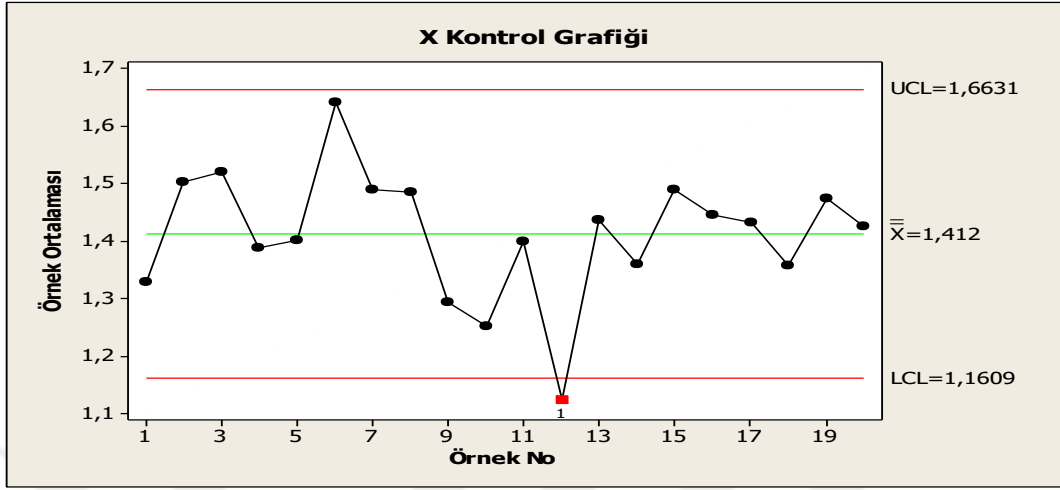
Şekil 4: Dağılma diyagramları.

Kontrol Grafikleri (Kontrol şemaları / Kontrol kartları)

Temel istatistiksel tekniklerin en önemlisi ve en çok kullanılanı kontrol diyagramlarıdır. Kontrol diyagramları, arzu edilen özelliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için sürecin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. İlk uygulamaları 1924 yılında W.A. Shewhart tarafından başlatılmıştır. Bu diyagramlara bu nedenle Shewhart grafiği de denilir (Kobu, 1994; Değerli ,2006).

İKK grafiği, bir ürünün ölçümleri veya prosesin zamana göre kaydını gösteren, üzerinde istatistiksel kontrol limitleri olan çizgi grafiğidir (Şekil 5). Kontrol grafikleri süreç

içerisindeki değişkenleri izlemek ve ürünlerin kalitesini düşüren kontrol dışı durumları tespit etmek için geliştirilmiştir (Noorossana ve Vaghefi, 2006).



Şekil 5: x kontrol grafiği.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı kontrol grafiği türleri şunlardır (Işığışık, 2012; Russo vd., 2012);

- Shewhart Kontrol Grafiği,
- CUSUM Kontrol Grafiği (Cumulative Sum),
- EWMA Kontrol Grafiği (Exponentially Weighted Moving Average).

1.3 Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Kartları

1.3.1 Shewhart Kontrol Kartları

Shewhart kontrol grafikleri İstatistiksel Kalite Kontrol'ün temel araçlarındandır. Bu grafikler hem süreçlerin hassasiyetini ölçmede hem de endüstriyel süreçlerde devredilebilir nedenlerin oluşumunu tespit etmede yararlıdır (Topalidou ve Psarakis, 2009).

Shewhart kontrol grafikleri nicel ve nitel kontrol grafikleri şeklinde iki ana başlık altında şu şekilde sınıflandırılmaktadır (Işığışık, 2012):

1) Nicel kontrol grafikleri

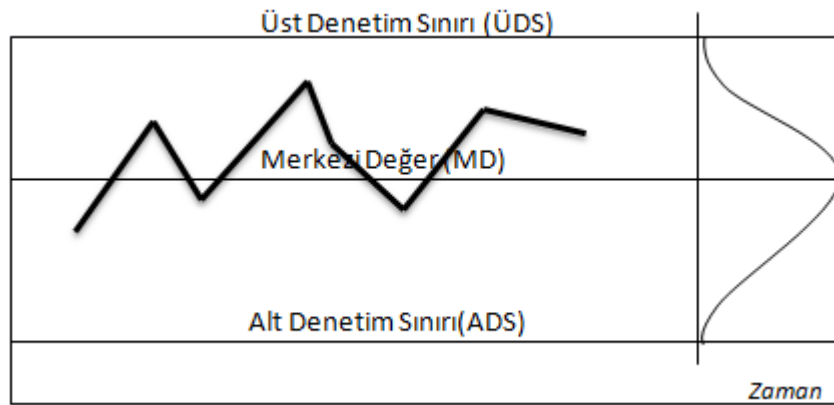
- Aritmetik ortalama ($\bar{X}$) ve Değişim aralığı (R)
- Aritmetik ortalama ($\bar{X}$) ve Standart sapma (s)

2) Nitel kontrol grafikleri

- Kusurlu oranı (p) kontrol grafiği
- Kusurlu sayısı (np) kontrol grafiği
- Kusur sayısı (c) kontrol grafiği
- Birim başına kusur sayısı (u) kontrol grafiği.

Shewhart denetim diyagramları güven aralığı düşünce tarzından hareket ederek tolerans aralığı belirlenmekte ve değerler bu aralık içinde kaldığı sürece genel olarak üretim işleminin denetim altında olduğu ve müdahalenin gerekmediği yargısını desteklemektedir.

Popülasyon ortalaması (μ), standart sapması (σ) olan normal dağılımlı bir toplumda bireylerin %99,73'ü ($\mu + 3\sigma$) ve ($\mu - 3\sigma$) değerleri arasında yer almakta 10000'de 27 gibi çok küçük orandaki bir kısmı ise bu değerlerin dışına taşmaktadır. Denetim diyagramlarının hazırlanmasında bu olgudan hareket edilmekte ve “Merkezi Değer (MD)” denilen değerden her iki yönde 3σ uzaklıktaki değerler hesaplanmaktadır.



Şekil 6: Denetim diyagramı örneği.

Merkez değerinden 3σ kadar büyük olan değere Üst Denetim Sınırı (ÜDS), 3σ kadar küçük olan değere ise Alt Denetim Sınırı (ADS) adı verilmektedir (Şekil 6). Kalite değerleri bu sınır değerleri arasında kaldığı sürece, genel olarak üretim işleminin arzulanan şekilde

sürdüğü kabul edilmektedir. Bu nedenle söz konusu aralığa hoşgörü (tolerans) aralığı adı verilmiştir.

Kalite değerlerinin sınır değerlerine eşit veya hoşgörü aralığının dışına isabet etmesi durumunda, denetçi üretim işleminde önemli bir aksaklığın olduğunu düşünecek ve bu aksaklığa yol açan tanımlanabilir etken veya etkenleri belirleyerek üretim işleminin tekrar istatistik denetim altına alınmasını sağlayacaktır (Günel, 1986).

1.3.1.1 Nicel kontrol grafikleri

Bir proseste, müşteri isteklerinin karşılanıp karşılanmadığına dair kalite düzeyinin kontrol edilebilmesini sağlayan en iyi tekniklerden birisi nicel kontrol grafikleridir. Boy, kalınlık ağırlık gibi müşteri memnuniyetini temsil edecek nicel bir değer ölçümü yapılacaksa değişkenler için kontrol grafikleri oluşturulur (Yücel, 2007).

Nicel değişkenler için hazırlanan kontrol grafikleri aritmetik ortalama ($\bar{X}$), değişim aralığı (R) ve standart sapma (s) kontrol grafiklerinden oluşmaktadır. Nicel değişkenler için hazırlanan (Shewhart) kontrol grafiklerinde ($\bar{X}$ - R) veya ($\bar{X}$ - s) kontrol grafikleri birlikte kullanılır. Bunun nedeni ise örnek ortalamaları aynı olsa bile standart sapmalar veya değişim aralıkları büyük olursa prosesin kontrol dışına çıkabileceği düşüncesidir. Eğer sadece $\bar{X}$ grafiği kullanılırsa bu değişkenlik fark edilemez ve kusurlu malların varlığı anlaşılamaz. Ayrıca sadece s veya R grafiğinin kullanılması ortalamadaki değişimlerin fark edilmemesine neden olacak ve hatalı üretimin varlığı gözden kaçacaktır.

Bu iki grafik türünden hangisinin kullanılacağı ise örneklem hacmine bakılarak belirlenmektedir. Örneklem hacminin 10'un altında olması durumunda ($\bar{X}$ - R) kontrol grafiklerinin, 10'a eşit ve üzerinde olması durumunda ise ($\bar{X}$ - s) kontrol grafiklerinin kullanılması önerilmektedir (Montgomery, 1991).

Değişken nicelikler için kontrol grafiklerinde en çok kullanılan örnek hacimleri 4, 5 ve 6'dır. Bu da değişim aralığının etkisi bakımından oldukça tatmin edicidir. Bu grafiklerin tasarımı, maliyeti azaltmak için üretimden gelen tüm ürünlerin kontrolü yerine, belirli bir üretim miktarına ulaşıldıktan sonra veya belirli zaman aralıklarında, belirli bir miktar örnek alınmasına göre yapılır (Demir, 2008).

$\bar{X}$ - R kontrol grafikleri

Yapılan uygulamalarda popülasyon ortalaması (μ) ve standart sapması (σ) genellikle bilinmez. μ ve σ 'nın tahmini değerini bulabilmek için prosesin kontrolde olduğu bir zaman diliminde örnekler alınır. Kontrol grafiklerinin merkezi değerden $\pm 3 \sigma$ kadar uzaklıktaki alt ve üst limitleri bu bilgiler yardımıyla hesaplanır.

Her biri n tane gözlem içeren m tane örneğin ortalamaları ($\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$) olduğu düşünülürse, genel proses ortalaması ($\bar{\bar{x}}$);

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır (Berenson vd., 1992). $\bar{\bar{x}}$ 'ne "Genel Proses Ortalaması" denir. Genel proses ortalaması, $\bar{x}$ grafiğinde orta çizgi olarak kullanılır.

$x_1, x_2, \dots, x_m$ değerleri n tane gözlemi içeren bir örneğin bileşenlerini oluşturuyorsa bunların en büyüğü ile en küçüğü arasındaki sayısal farka değişim aralığı veya ranj denir.

Değişim aralığı;

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanır (Montgomery, 2005).

m adet örneğin değişim aralığı $R_1, R_2, \dots, R_m$ ile gösterilirse, ortalama değişim aralığı,

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (3)$$

şeklinde olur. Ortalama değişim aralığı kullanılarak σ 'nın tahmin değeri ise,

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanır (Champ ve Jones, 2004).

μ 'nın yerine $\bar{\bar{x}}$ ve σ 'nın yerine de $\frac{\bar{R}}{d_2}$ birer tahmin edici olarak kullanılırsa, $\bar{x}$ kontrol grafiğinin kontrol sınırları,

$$\begin{aligned} \bar{U}DS &= \bar{\bar{x}} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R} \\ MD &= \bar{\bar{x}} \\ \bar{A}DS &= \bar{\bar{x}} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}} \bar{R} \end{aligned} \quad (5)$$

şeklinde olur. Eşitlikte $\left(\frac{3}{d_2\sqrt{n}}\right)$ yerine A_2 yazılacak olursa kontrol sınırları,

$$\begin{aligned} \bar{U}DS &= \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ MD &= \bar{\bar{x}} \\ \bar{A}DS &= \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \end{aligned} \quad (6)$$

şeklinde yeniden düzenlenmiş olur (Walpole ve Myers,1989; Berenson vd., 1992). A_2 örnek büyüklüğünün bir fonksiyonu olup, bu değeri örnek büyüklüğüne göre veren tablolar hazırlanmıştır (EK-C).

R kontrol grafiklerinin çiziminde de aynı yaklaşım uygulanmaktadır. R şemaları örnek içindeki bireysel gözlemlerin değişikliğini kaydeder. Bu iki şema birbirinin tamamlayıcısıdır. R grafiğinin parametreleri kolayca tespit edilebilir ve orta çizgide R yer alır. R'nin örneklem dağılımının ortalaması $\bar{R}$ ile kestirilebilir. R grafiği için kontrol sınırlarının belirlenmesinde değişim aralığı standart sapmaları $\sigma_R = d_3\sigma$ eşitliği ile bulunabilmektedir. Buna göre ana kütle standart sapması bilinmediği durumlarda 3-sigma sınırlarıyla ifade edilen bir R grafiğinin kontrol sınırları (Montgomery, 2005),

$$\begin{aligned}
\bar{U}DS &= \bar{R} + 3\sigma_R = \bar{R} + 3\frac{d_3\bar{R}}{d_2} = \bar{R}\left(1 + 3\frac{d_3}{d_2}\right) \\
MD &= \bar{R} \\
ADS &= \bar{R} - 3\sigma_R = \bar{R} - 3\frac{d_3\bar{R}}{d_2} = \bar{R}\left(1 - 3\frac{d_3}{d_2}\right)
\end{aligned} \tag{7}$$

eşitlikleriyle elde edilir.

Burada $\left(1 + 3\frac{d_3}{d_2} = D_4\right)$ ve $\left(1 - 3\frac{d_3}{d_2} = D_3\right)$ şeklinde yazılırsa;

$$\begin{aligned}
\bar{U}DS &= \bar{R}D_4 \\
MD &= \bar{R} \\
ADS &= \bar{R}D_3
\end{aligned} \tag{8}$$

olarak yeniden düzenlenmiş olur. Burada D_4 ve D_3 yine örnek büyüklüğünün bir fonksiyonu olup bunun için düzenlenmiş tablolar mevcuttur (EK-C).

$\bar{X} - s$ kontrol grafikleri

Örnek birim sayısının artması karşısında σ 'nın tahmin edicisi olarak R 'nin etkinliği s 'ye göre hızla azalmaktadır. Örnek hacim büyüklüğünün $n \geq 10$ olduğu durumlarda ve örnekler içinde yer alan birimlerin homojen olmaması halinde $\bar{X}-s$ kontrol grafiği kullanılmaktadır. Alt grup sayısı $n \geq 10$ olduğunda s 'nin standart hatası R 'ye göre daha küçük olmaktadır. Ayrıca n büyüdükçe uç değerlerin gözlenme olasılığı artmaktadır ve bu uç değerlerden s daha az etkilenmektedir (Gitlow vd., 1995; Gümüsoğlu, 2000).

$\bar{X}-s$ kontrol grafikleri, örnek ortalaması ($\bar{X}$) ve örnek standart sapması (s) haricinde $\bar{X}-R$ kontrol grafiklerine çok benzer olup, $\bar{X}-R$ kontrol grafiklerindeki aşamalar aynen takip edilir.

Her biri n adet gözlemden oluşan m adet örnekten i . örneğin standart sapması s_i ($s_1, s_2, \dots, s_m$) şeklinde gösterilirse, m adet standart sapmanın ortalaması;

$$\bar{s} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_m}{m} \quad (9)$$

örnek standart sapması ise;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (10)$$

eşitliği ile ifade edilir (Montgomery vd., 2011). $\frac{s}{c_4}$ istatistiği σ 'nın güvenilir bir tahmincisidir. Böylece, s grafiğinin parametreleri kontrol sınırları;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{s} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = \bar{s} \left(1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) \\ MD &= \bar{s} \\ \bar{LDS} &= \bar{s} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = \bar{s} \left(1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

şeklinde yazılır, kontrol sınırlarının bu şekilde hesaplanması yerine;

$$\begin{aligned} \bar{s} \left(1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) &= B_4 \\ \bar{s} \left(1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) &= B_3 \end{aligned} \quad (12)$$

dönüşümleri kullanılarak standart sapmaya ilişkin kontrol sınırları pratik olarak;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= B_4 \bar{s} \\ MD &= \bar{s} \\ \bar{ADS} &= B_3 \bar{s} \end{aligned} \quad (13)$$

formülleri ile elde edilir. Burada yer alan B_4 ve B_3 değerleri yine örnek büyüklüğünün bir fonksiyonu olup örneklem hacmine göre değişen sabit katsayılardır (EK-C) (Walpole ve Mayers, 1989; Işığışok, 2012).

$\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları belirlenirken ise μ 'nün tahmincisi olarak $\bar{\bar{x}}$ değeri, σ 'nın eğilimsiz (yansız) tahmincisi olarak da $\frac{\bar{s}}{c_4}$ değeri kullanılırsa $\bar{x}$ grafiğinin parametreleri;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}} \\ MD &= \bar{\bar{x}} \\ \bar{ADS} &= \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}} \end{aligned} \quad (14)$$

şeklinde elde edilir. Üst ve alt kontrol sınırlarının bu şekilde hesaplanması yerine;

$$A_3 = 3 \frac{\bar{s}}{c_4 \sqrt{n}} \quad (15)$$

dönüşümü kullanılırsa ortalamalara ilişkin kontrol sınırları;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \\ MD &= \bar{\bar{x}} \\ \bar{ADS} &= \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s} \end{aligned} \quad (16)$$

formülleri ile hesaplanabilir. Burada yer alan A_3 değerleri EK-C'de görüldüğü gibi örneklem hacmine göre değişen sabit katsayılardır.

Burada belirtmek gerekir ki $\bar{X}$ -R kontrol grafiğine ilişkin aritmetik ortalama ($\bar{x}$) grafiğinin kontrol sınırları $\bar{\bar{x}} \pm A_2 \bar{R}$ iken, $\bar{X}$ -s kontrol grafiğine ilişkin aritmetik ortalama ($\bar{x}$) grafiğinin kontrol sınırları $\bar{\bar{x}} \pm A_3 \bar{s}$ şeklindedir. Diğer bir deyişle her ikisi de aritmetik ortalama grafiği olmakla birlikte kontrol sınırlarının hesaplanması birinde aralık değerine dayanırken, diğesinde standart sapmaya göre olmaktadır. Kuşkusuz A_2 ve A_3 katsayıları da farklıdır (Grant ve Leavenworth, 1996; Işığışok, 2012).

Ayrıca bazı yazarlar s 'nin belirlenmesinde, Eşitlik 10'daki $n-1$ belirleyicisinin yerine, n değerini kullanmaktadırlar. s değerinin n ile belirlendiği durumlarda c_4 , B_3 , B_4 ve A_3 sabitlerinin tarifi değişir ve bu sabitlerin yerine c_2 , B_1 , B_2 ve A_1 sabitleri kullanılır (Oktay, 1994).

1.3.1.2 Nitel kontrol grafikleri

p-kontrol grafikleri

Bilindiği gibi istenen özelliği taşımayan mallar “kusurlu” olarak nitelendirilir. Söz gelimi yongalevhaların öngörülenden daha ince olması veya parkenin belirlenen boydan daha uzun olması birer kusurdur. Kusurlu oranı, mal partisi içindeki kusurlu eleman sayısının, toplam eleman sayısına oranıdır (Günel, 1986). Bu diyagramlar endüstride yaygın olarak kullanılan niteliksel kontrol grafiklerinden biridir. p çizelgesi incelediği grup içerisindeki hata oranını ölçen bir çizelgedir. Ürün üzerindeki hata ne olursa olsun ürün hatalı kabul edilir (Bulut, 2007).

Kusurlu oranı için kontrol diyagramının altında yatan istatistiksel kural binom dağılımına dayanmaktadır. Binom dağılımından hatırlanacağı gibi başarı oranı (burada kusurlu oranı) bir aritmetik ortalamadır. Başarı oranına ait varyans ise $p(1-p)/n$ ifadesiyle hesaplanmaktadır (Günel, 1986).

Üretim prosesine ilişkin p 'nin bilinmemesi durumunda hatalı oranı örnek istatistiklerine göre tahmin edilir. Her biri n büyüklükte m örneklemin olduğunu varsayalım. Genellikle m 'in 20 veya 25 olması istenir. D_i , i . örneklemden kusurlu birim sayısı olmak üzere, i . örneklemden kusurlu oranı (Pekmezci, 2005);

$$p_i = \frac{D_i}{n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (17)$$

olarak hesaplanır ve her bir örneklemin kusurlu oranının ortalaması;

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{mn} \quad (18)$$

şeklindedir. $\bar{p}$ istatistiği bilinmeyen kusurlu oranı p 'nin bir tahmin edicisidir. Yani $E(\bar{p}) = p$ dir. Kusurlu oran için kontrol grafiğinin kontrol parametreleri,

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ MD &= \bar{p} \\ \bar{ADS} &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned} \quad (19)$$

olacaktır (Montgomery, 2005).

np-kontrol grafikleri

np şemasının teorik temeli p kusurlu oranı sayısının aynısıdır. Eğer kalite kontrolcü, kusurlu oranından ziyade kusurlu sayısı ile ilgileniyorsa bu taktirde, p şemasının parametrelerinin n ile çarpılması ile elde edilen değerlerden kurulu np şemasını kullanır (Bozkurt, 2003b; Örümlü, 2006).

Toplam kusur sayısı (np) kontrol grafiği, bir prosesin üretilen kusurlu birim sayısı bakımından kontrol altında olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. p kontrol grafiği ile np kontrol grafiği hemen hemen aynıdır. Fakat p kontrol grafiği örneklem büyüklüğü sabit veya değişken olması durumlarında kullanılırken, np kontrol grafiği örneklem büyüklüğü sabitken kullanılır (Özkale, 2004).

Buna göre ortalama; $n\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{k}$ varyans ise: $n\bar{p}(1-\bar{p})$ olur, standart sapma ise

$$\sigma_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \text{ şeklinde olur.}$$

np kontrol grafiğinin çizimi için ADS ve ÜDS parametreleri;

$$\begin{aligned}
\bar{UDS} &= n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\
MD &= n\bar{p} \\
\bar{ADS} &= n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}
\end{aligned}
\tag{20}$$

olur (Bozkurt, 2003a).

c-kontrol grafikleri

Bazı durumlarda kalite denetimi, kusurlu oranı yerine birim büyüklükteki kusur sayısına göre yapılması daha uygun bulunmaktadır. Örneğin yongalevha üretiminde 1 m² veya 10 m² gibi birim kabul edilecek alandaki kusur miktarını tespit etmek yongalevhanın kalite denetiminin bir parçasıdır. Benzer şekilde belirli uzunlukta alınacak kerestelerdeki budak miktarı, kerestenin kalitesini etkileyecek bir unsurdur (Günel, 1986).

Kusur sayısı kontrol grafiği (c), üretim prosesinden çekilen örneklerdeki kusurlu sayısının belirlenmesini sağlayan nitel kontrol grafiğidir. Poisson dağılımına uyan zaman aralıklarında çekilen örneklem hacimleri np grafiklerinde olduğu gibi sabittir (Işığışık, 2012).

Kontrol üniteleri itibariyle hata sayılarına ilişkin dağılımın poisson dağılımına uyduğu varsayılır. Belirli ve oldukça dar bir zaman aralığında az rastlanır olaylar poisson dağılımını gösterir. Poisson dağılımının kullanılabilmesi için iki ayrı zaman aralığında ortaya çıkan olayların birbirinden bağımsız ve tanımlanan aralıkta ilgilenilen olayın ortaya çıkma olasılığının sabit ve 0,05'ten küçük olması koşullarının sağlanması gerekir (Montgomery, 2005).

Sabit hacimdeki örneklemelerin (n) herbiri incelenerek her bir örneklemdeki toplam kusur sayısı olan c_j değeri belirlenir. Bu sonuçlar kontrol kartında ilgili bölüme sayısal değer olarak kaydedilir ve c grafiği üzerinde noktalanarak işaretlenir.

Birbirine eşit miktarda seçilen n hacimli k tane örneklemin her birindeki kusur sayısı c_i ile gösterilmek üzere ortalama kusur sayısı;

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k} \quad (21)$$

formülü ile hesaplanır. Söz konusu değer kontrol grafiğinin orta çizgisini (merkezi değerini) oluşturur.

Böylece prosten elde edilen kusur sayılarından hareketle hesaplanan ortalama kusur sayısı değerleri kullanılarak, kusur sayısı (c) grafiğine ilişkin kontrol sınırları;

$$\begin{aligned} \bar{UDS} &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\ MD &= \bar{c} \\ \bar{ADS} &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \end{aligned} \quad (22)$$

formülleriyle hesaplanır (Rao vd., 1996).

u-kontrol grafikleri

c kontrol grafiği üretim prosesinde tesadüfi çekilen kontrol ünitelerine ait hata sayılarını dikkate alır ve grafiğin sağlıklı olması için örneklem büyüklüğünün sabit olması gerekir. Kontrol ünitelerinin sabit olmaması halinde her kontrol ünitesinin genişliği bir aralık gibi değerlendirilerek birim başına hata sayısı hesaplanır. Bu durumda u kontrol grafiği kullanılır (Farnum, 1994).

i. örneğin birim başına düşen hata sayısı $u_i = c_i/n_i$ ($i=1,2,\dots,k$) k adet örnekleme ilişkin ortalama birim başına kusur sayısı;

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k u_i}{k} = \frac{u_1 + u_2 + \dots + u_k}{k} \quad (23)$$

formülü ile hesaplanırken değişken örneklem hacmi için ise;

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \quad (24)$$

formülü kullanılır. Elde edilen ($\bar{u}$), birim başına kusur sayısı (u) kontrol grafiğinin orta çizgisini gösterir.

Prosesten elde edilen birim başına kusur sayılarından hareketle hesaplanan birim başına ortalama kusur sayısı değeri kullanılarak, u grafiğine ilişkin alt ve üst kontrol limitleri;

$$\begin{aligned} \bar{u}DS &= \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} \\ MD &= \bar{u} \\ \bar{u}AS &= \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n} \end{aligned} \quad (25)$$

formülleriyle hesaplanır (Pince, 1991; Işığışok, 2012).

1.3.2 CUSUM Kontrol Kartları

CUSUM teknikleri ilk kez 1954 yılında İngiliz istatistikçi Page tarafından ortaya atılmış olup bir süreçteki kaymayı tespit etmek için olasılık oranlarına dayanan ardışık işlemler dizisidir (Healy, 1987). Page bir üretim tesisindeki kusurlu ve kusursuz oranlarını belirleyip üretimdeki kusurlu oranını kontrol altında tutmak için CUSUM grafiklerini kullanmıştır. Daha sonra CUSUM tekniklerini geliştirmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. 1959 yılında Barnard CUSUM grafiklerinin sayısal verilere uygulanabilen V maskesi kavramını ortaya koyarak, bu grafiklerin bir İKK aracı olması için önemli yol kat etmesinde etkili olmuştur. Bununla birlikte Ewan, Kemp, Lucas, Johnson ve Leone gibi diğer bilim adamları da bu metodu geliştirme yolunda önemli çalışmalarda bulunmuşlardır (Woodward ve Goldsmith 1964; Oktay, 1994).

CUSUM kontrol grafikleri, örneklem ortalamalarının belirli bir hedef veya standart değerden sapmalarının kümülatif toplamı ile zaman dönemini koordinat sistemi içinde görüntülemektedir. CUSUM kontrol grafikleri, küçük süreç kaymalarını belirlemek için birkaç örneklemdeki bilgiyi birleştirmeleri nedeniyle Shewhart grafiklerinden daha

üstündür. Bu üstünlük özellikle, $n=1$ örneklem hacminde daha etkilidir. CUSUM grafiğindeki noktaların yapısı Shewhart grafiklerinde kullanılan kontrol sınırlarından daha etkilidir. Bu nedenle CUSUM grafiğinde orta çizgi ve kontrol sınırları hesaplanmamaktadır (Sarkadı ve Vincze, 1974; Holmes,1996; Işığışok, 2012).

CUSUM kontrol grafikleri özellikle proses ortalamasındaki küçük değişiklikleri tespit etmede son derece etkili olmaktadır. Bu nedenle standart kontrol grafikleri kadar yaygın bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Ancak proste büyük sapmaların olduğu durumlarda standart kontrol diyagramların kullanılması daha uygun olmaktadır.

CUSUM kontrol grafiklerinde önemli noktalardan biri de kontrol şemalarının performansının değerlendirilmesinde kullanılan ARL (Average Run Length) değerleridir. Ortalama olarak hangi sıklıkla şemadan “kontrol dışı” sinyali alınacağını gösteren ARL değerinin proses stabil (yani kontrol altında) olduğu zaman yüksek olması istenir; proses kontrol dışı olduğunda ise bu değer küçük olması tercih edilir. CUSUM şemaları genelde diğer şemalara göre prosteeki değişikliklere daha hızlı reaksiyon verirler (Holmes ve Mergen, 2011).

CUSUM grafiklerinin sağladığı avantajlara genel olarak bakıldığında;

- Grafiğin eğimindeki değişmelere bakılarak proses ortalamasında ortaya çıkan değişmeler kolaylıkla tespit edilebilir.
- CUSUM grafikleri proses ortalamasındaki küçük çaplı kaymaları daha hızlı bir şekilde tespit etmekte ve prosesin düzeltilmesi konusunda bilgi sağlamaktadır. Proses ortalamasındaki 0.5σ ile 2σ ’lık kaymaları tespit etmede standart kontrol grafiklerinden daha etkili sonuçlar vermektedir.
- CUSUM grafikleri ile proses ortalamasındaki sapmanın hangi örnekten itibaren başladığı belirlenebilir.
- CUSUM kontrol grafikleri gelecekteki proses ortalaması hakkında kısa dönemli tahminler yapılmasına olanak sağlar.
- CUSUM kontrol grafiklerinin bir diğer avantajı ise sonradan elde edilen sonuçların prosteeki değişme hakkında karar vermeyi sağlamasıdır. Grafiğin düzenlenmesi sonucu, sonradan elde edilen sonuçlar, daha önce elde edilen

sonuçları desteklerse değişimin gerçekleştiğinden emin olunur. Sonradan elde edilen sonuçlar orijinal değerlere yakınsa, prosesin kontrol durumuna yaklaştığı veya başlangıçta yanlış bir kararın verilmiş olduğu söylenebilir. Eski verilere CUSUM kontrol grafiğinin uygulanması proses değişkenliği hakkında faydalı bilgiler sağlar (Ewan, 1963; Woodward ve Goldsmith, 1964; Duncan, 1965; Oktay ve Özçomak, 2001).

1.3.2.1 CUSUM Kontrol Grafiğinin Çizimi

CUSUM kontrol grafiği çizimi için belirlenmesi gereken ve i . değere kadar ve bu değeri de içine alan kümülatif toplam değerleri olarak adlandırılan S_i değerleri; örneklem değerlerinden hedef değer sapmalarının farkının kümülatif toplamının belirlenmesine dayanır. Örneklem olarak $n \geq 2$ genişliğinde örneklemelerin toplandığı ve $\bar{x}_j$ 'nin j 'inci örneklem aritmetik ortalaması ile ifade edildiğinde, μ_0 'ın da hedef değer olduğu kabul edilirse; örneklem numarası i 'ye karşılık gelen;

$$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu_0) \quad (26)$$

değerleri işaretlenerek CUSUM kontrol grafiği hazırlanır (Montgomery, 2005; Kasap, 2006). Eğer proses ortalamasındaki $(\bar{x}_j - \mu_0)$ farkı pozitif yönde bir artış gösteriyorsa CUSUM grafiği pozitif bir eğilim gösterecektir, aynı şekilde negatif prosesteki ortalama giderek azalıyorsa negatif bir eğilim gösterecektir (Murdoch, 1979). Proses ortalamasında meydana gelen bu artış ve azalışların devamlılık arzetmesi proses ortalamasının kaydığının bir göstergesi olarak algılanmalı ve duruma ilişkin özel nedenler araştırılarak gerekli önlemler alınmalıdır.

1.3.2.2 V Maskesi Prosedürü

Bir süreçte hedeflenen belli bir değerden pozitif ve negatif yönde kaymalar meydana gelebilmektedir. CUSUM kontrol grafiğinde süreç ortalamasında meydana gelebilecek kaymaların kontrol dışı olup olmadığının tespiti için ilk kez 1959 yılında Barnard tarafından ortaya konulan “V maskesi” tekniği kullanılır (Demir ve Mirtağioğlu, 2016).

V maskesi, kontrol dışı noktaların tespit edilmesi amacıyla CUSUM grafiklerine tamamlayıcı olarak kullanılan bir yöntemdir. CUSUM grafiğindeki kümülatif toplam değerleri, V maskesinin kolları arasında kalıyorsa sürecin kontrol altında olduğu, eğer V maskesinin kollarının dışına kayan değerler varsa sürecin kontrol dışına çıktığı söylenebilir (Oktay ve Özçomak, 2001).

CUSUM kontrol grafiği parametreleri;

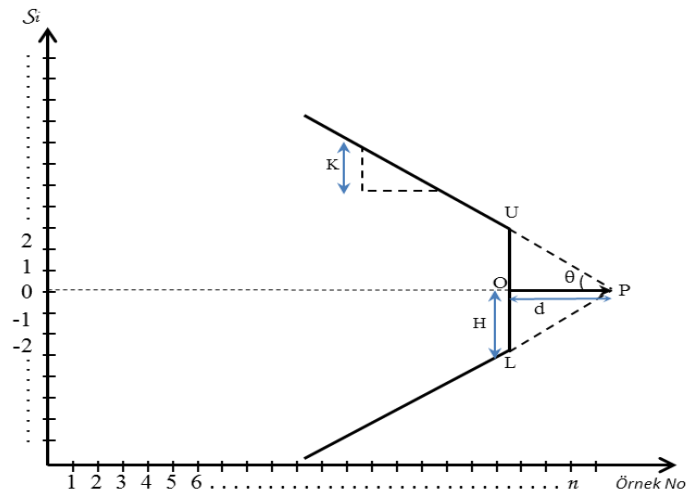
S_i = i 'nci kümülatif değer, $x_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve μ_0 da hedeflenen değer olarak alınırsa,

$$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \mu_0) \quad (27)$$

şeklinde hesaplanır. Bu değerleri CUSUM grafiklerinde kullanmak için eşitlik;

$$S_i = (x_i - \mu_0) + S_{i-1} \quad (28)$$

şekline dönüştürülmektedir (Montgomery, 2005).



Şekil 7: Standart V maskesi.

Şekil 7’de tipik bir V maskesi görülmektedir. CUSUM çizelgesine V maskesini yerleştirmek için;

- 1) Son CUSUM değeri S_i , O noktasına yerleştirilir.
- 2) Yatay eksene paralel olacak şekilde O noktasından d uzaklıkta bir P noktası belirlenir. Bu nokta V maskesinin tepe noktasını oluşturmaktadır.
- 3) O-P doğru parçasıyla θ açısı yapacak şekilde P noktasından başlayarak iki çizgi çizilir. Bunlara maskenin kolları denir.
- 4) Tüm $S_1, S_2, \dots, S_i$ kümülatif toplam değerleri V maskesinin iki arasında kalıyorsa süreç kontrol altındadır. Herhangi bir kümülatif toplam değeri V maskesinin kolları dışında kalırsa süreç kontrol dışıdır.

Genel kullanımda V maskesi grafiklendirilen her yeni noktaya uygulanır yani her yeni örneklem ilavesinde maske yeniden düzenlenir. V maskesinin performansı d uzaklığı ve θ açısı ile belirlenir (Çolak, 2007).

Eğer $\bar{x}_i$ 'nin standart sapmasını $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterirsek, süreç ortalamasında bir kayma yok iken bir kaymanın olduğu neticesine varma ihtimalini α ve gerçekte bir kayma var iken bunu tespit edememe olasılığını β ile gösterilirse ve her iki olasılığın da uygun bir düzeyde tutulması gerektiği kabul edilirse; Δ değeri, süreç ortalamasında meydana gelen kaymayı gösterir (Oktay, 1998).

V maskesi parametreleri,

$$d = \left(\frac{2}{\delta^2} \right) \ln \frac{1-\beta}{\alpha} \quad (29)$$

ve

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) \quad (30)$$

eşitliği ile hesaplanır. Formülde yer alan δ ise;

$$\delta = \frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \quad (31)$$

şeklinde hesaplanır. Eğer β değeri ihmal edilecek kadar küçük ise 29 nolu eşitlik;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} \quad (32)$$

şeklinde yeniden düzenlenir (Montgomery, 2005).

Bu bilgilere göre;

$$\tan \theta = \frac{\Delta}{2A} = \left(\frac{\delta \sigma_{\bar{x}}}{2.(2\sigma_{\bar{x}})} \right) = \frac{\delta}{4} \quad (33)$$

şeklinde veya K değerinin örnek aralık başına V maskesi kollarının eğimini vermesi ve A'nın CUSUM ölçeğinde $A = 2.\sigma_{\bar{x}}$ eşit olması nedeniyle,

$$\tan \theta = \frac{K}{A} = \left(\frac{k\sigma_{\bar{x}}}{2\sigma_{\bar{x}}} \right) = \frac{k}{2} \quad (34)$$

şeklinde yazılabilir ve Eşitlik 33 ile Eşitlik 34'ten;

$$\frac{k}{2} = \frac{\delta}{4} \Rightarrow k = \frac{\delta}{2} \quad (35)$$

veya,

$$K = k\sigma_{\bar{x}} = \frac{\delta}{2} \sigma_{\bar{x}} = \frac{\Delta}{2} \quad (36)$$

denklemini elde edilir (Ncube ve Woodall, 1984). Diğer bir ifade ile;

$$\tan \theta = \frac{H}{Ad} = \left(\frac{h\sigma_{\bar{x}}}{(2\sigma_{\bar{x}}).d} \right) = \frac{h}{2d} \quad (37)$$

şeklinde yazılabilir. Buradan;

$$h = 2d \cdot \tan \theta \quad (38)$$

hesaplanır veya;

$$H = 2d\sigma_{\bar{x}} \cdot \tan \theta \quad (39)$$

eşitliği elde edilir (Cavill ve Ricketts, 1974).

Yukarıdaki eşitliklerde;

α : Proses ortalamasında bir kayma yok iken bir kaymanın olduğuna karar verme ihtimali.

β : Gerçekte kayma var iken bunu tespit edememe ihtimali.

Δ : Proses ortalamasında meydana gelen kayma miktarı ($\Delta = k \cdot \sigma$).

A : Bir ölçek faktörüdür ve bu değer yatay eksen üzerindeki 1 birimlik uzunluğa dikey eksen üzerinde karşılık gelen değerdir. A değeri, $\sigma_{\bar{x}}$ ile $2\sigma_{\bar{x}}$ arasında değişir ve bu değer $2\sigma_{\bar{x}}$ olarak alınması tercih edilir.

δ : Araştırılmasına karar verilen proses seviyesindeki en küçük kayma miktarı ($\Delta = \delta \cdot \sigma_{\bar{x}}$).

$\sigma_{\bar{x}}$: Örnek ortalamaları için standart hata $\left(\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \right)$.

H : Prosedürün karar aralığı, OU veya OL uzunluğudur.

h : Kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda karar aralığını veren değerdir ($H = h \cdot \sigma_{\bar{x}}$).

K : V maskesi kollarının eğimidir.

k : Kendisiyle örnek istatistiğinin çarpılması durumunda V maskesi kollarının eğimini veren değerdir ($K = k \cdot \sigma_{\bar{x}}$).

d : OP uzunluğunun değeridir.

θ : Orta çizgi ile kol arasındaki açıyı verir (Kartal, 1999; Demir, 2008).

1.3.3 EWMA Kontrol Kartları

EWMA (Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalamalar) kontrol şemaları ilk olarak S.W. Roberts tarafından 1959 yılında geliştirilmiş ve Geometrik Hareketli Ortalama şemaları olarak da adlandırılmıştır. Roberts'ın çalışmalarını 1986 yılında J.S.Hunter, 1987 yılında S.V. Crowder ve 1990 yılında J.M. Lucas ve M.S. Saccucci'nin çalışmaları takip etmiştir. EWMA kontrol tekniği içinde karar, eski gözlemlere azalan bir şekilde ağırlık veren EWMA istatistiğine bağlıdır (Testik, 1999).

EWMA kontrol grafiğinin performansı, CUSUM kontrol grafiğine çok benzer olmakla birlikte, oluşturulması ve uygulanması CUSUM kontrol grafiğine göre daha kolay olan bir kontrol grafiğidir. EWMA kontrol grafiği Shewhart kontrol grafiği kadar kolay grafiklenebilir. Bu nedenle bu kontrol diyagramları süreçteki küçük kaymaları tespit etmede Shewhart kontrol diyagramlarına iyi bir alternatiftir. EWMA bazı durumlarda bir sonraki gözlemi tahmin etmede de kullanılabilir (Ege, 2000).

EWMA kontrol grafikleri, süreç kontrolünün dışında zaman serilerinin analizinde ve tahminlerde sıklıkla kullanılmaktadır. EWMA, tüm geçmişin ve mevcut gözlemin ağırlıklandırılmış ortalaması olarak düşünülebilmektedir. Bu nedenle normallik varsayımına karşı duyarsızdır ve alt örnek hacminin 1'e eşit olduğu durumlar için de idealdir (Yılmaz, 2012).

EWMA tahmin değerini hesaplamada;

n örneklem hacmini, i zamanı, $\bar{x}_i$ i zamandaki ölçülen değeri, z_i i zamandaki tahmini EWMA değerini, λ sabiti ise en son gözleme verilecek ağırlığı belirtmek üzere;

$$\begin{aligned} z_i &= \lambda \bar{x}_i + (1 - \lambda) z_{i-1} \\ z_{i-1} &= \lambda \bar{x}_{i-1} + (1 - \lambda) z_{i-2} \end{aligned} \tag{40}$$

eşitliği ile hesaplanır. Grafik üzerinde işaretlenecek $i=1$ zamanında EWMA'nın tahmin değeri $z_0 = \bar{\bar{x}}$ olarak alınır. EWMA grafiğindeki ilk değer orta çizgi üzerinde bulunur (Vargas vd. 2004).

Burada λ , $0 < \lambda < 1$ olan bir düzeltme katsayısıdır. Bu değer 1'e yaklaştıkça son gözlem değerinin ağırlığı, 0'a yaklaştıkça eski gözlem değerlerinin ağırlıkları artmaktadır. Bu değer en çok $0,05 < \lambda < 0,25$ değerleri arasında iyi çalıştığı görülmektedir. $\lambda=0,05-0,10-0,20$ λ literatürde en çok kullanılanlarıdır ve küçük değişimleri bulmada daha etkilidir.

EWMA, z_i değerinin daha önce alınan bütün örnek ortalamalarının ağırlıklı ortalaması olduğunu göstermek için Eşitlik (40)'ın sağ tarafındaki z_{i-1} değerinin yerine onun eşiti olan $\lambda \bar{x}_{i-1} + (1-\lambda)z_{i-2}$ formülü yazılırsa;

$$\begin{aligned} z_i &= \lambda \bar{x}_i + (1-\lambda)[\lambda \bar{x}_{i-1} + (1-\lambda)z_{i-2}] \\ z_i &= \lambda \bar{x}_i + \lambda(1-\lambda)\bar{x}_{i-1} + (1-\lambda)^2 z_{i-2} \end{aligned} \quad (41)$$

şeklinde yeni ve daha açık bir EWMA formülü olarak elde edilir. Bu formül, daha genel bir yaklaşımla z_{i-j} ve $j = 1, 2, \dots, t$ olacak şekilde yeniden düzenlenirse,

$$z_i = \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j \bar{x}_{i-j} + (1-\lambda)^i z_0 \quad (42)$$

formülü elde edilir. $\lambda(1-\lambda)^j$ ağırlıkları, örneklem ortalamasıyla orantılı olarak geometrik bir tarzda azalır. Bununla birlikte, ağırlıkların toplamı,

$$\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j = \lambda \left[\frac{1-(1-\lambda)^i}{1-(1-\lambda)} \right] = 1-(1-\lambda)^i \quad (43)$$

olmasından dolayı 1'e eşittir. Eğer $\bar{x}_i$ gözlem değerleri σ^2 varyanslı bağımsız tesadüfi değişkenler ise z_i 'nin varyansı,

$$\sigma_{z_i}^2 = \frac{\sigma^2}{n} \left(\frac{\lambda}{2-\lambda} \right) [1-(1-\lambda)^{2i}] \quad (44)$$

formülü ile elde edilebilir. EWMA kontrol grafiğinin kontrol sınırları ise;

$$\begin{aligned}
\bar{U}DS &= \bar{\bar{x}} + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \\
MD &= \bar{\bar{x}} \\
ADS &= \bar{\bar{x}} - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]}
\end{aligned} \tag{45}$$

şeklinde verilir. Burda L değeri kontrol limitlerinin büyüklüğü olup, genellikle yaygın kullanılan 3σ seviyelerinde iyi çalıştığı görülmektedir (Montgomery, 2005).

EWMA metodunun uygun sonuçlar vermesi için kullanılan verilerin sürekli olması gerekir. Durağan olmayan bir çevrede bir sonraki değeri tahmin etmek için de EWMA metodu uygulanabilir. İncelenmekte olan kalite karakteristiğinin dağılımı normal ise bu kontrol grafiği uygun sonuçlar verir. Zaman dilimi başına tek bir gözlem yapılması ve bu gözlemlerin normal dağılım göstermesi halinde bu grafik ideal sonuçlar elde etmeyi sağlar (Montgomery ve Johnson, 1976).

1.4 Yapay Sinir Ağları

Yapay zeka çalışmalarının bir ürünü olan, “Yapay Sinir Ağları (YSA)” insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Akaytay, 2010).

YSA ile insan beyninin yapabildiği birçok işlem, insanların zayıf tarafları (acııkma, yorulma, duygusal çöküntüler vb.) ortadan kaldırılarak kolay bir şekilde yapılabilir (Aytekin, 2017).

YSA “bağlantılı ağlar (connectionist networks)”, “paralel dağıtılmış ağlar (parallel distributed networks)”, “neuroformik sistemler (neuroformic systems)” olarak da adlandırılmaktadır. YSA bilgisayar bilimine bazı yenilikleri de beraberinde getirmiş ve algoritmik olmayan, adaptif, paralel programlama, dağıtılmış programlama vb. gibi tekniklerin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Özellikle olaylar hakkında bilgilerin olmadığı fakat örneklerin bulunduğu durumlarda çok etkin olarak kullanılabilecek bir karar verme aracı ve hesaplama yöntemi olarak görülebilir (Öztemel, 2003; Es, 2013).

YSA, bağımsız değişkenlerin içerdiği bilgiyi kullanarak bağımlı değişkenin davranışını (değeri) tahmin etmektedir. Bu anlamda YSA ekonometride kullanılan tahmin yöntemleriyle aynı amacı gütmektedir. Model tipolojisi olarak YSA, doğrusal olmayan ve yarı-parametrik bir mimari altyapıya sahiptir. Doğrusal modellerde amaç, tahmin edilen bağımlı değişkenin gerçek değeri ile tahmini değeri arasındaki farkın en aza indirgendiği modelin oluşturulmasıdır. Doğrusal regresyon modelinin en büyük eksikliği, tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki en aza indirgenmiş hata payının zaman geçtikçe katlanarak artmasıdır. YSA, bir dizi girdi (bağımsız) değişken kullanarak bağımlı değişken veya değişkenleri tahmin etmeye çalışmakta ve bu hata payını en aza indirgemektedir. Ağ modellerini diğer tahmin yöntemlerinden ayıran en belirgin fark ise kullandıkları mimari yapısıdır (Özün, 2011).

1.4.1 Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

YSA'nın pek çok bilim dalında geniş bir uygulama alanı bulmasını sağlayan genel karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir.

- **Doğrusal olmama:** YSA, gerçek hayatta var olan doğrusal olmayan yapılarda da iyi sonuçlar vermektedir. Olaylara ilişkin parametrelerin tümünün bilinmesi durumunda bile, parametreler arasında doğrusal olmayan ilişkiler bulunabilir. Doğrusal olmayan yapılarla karşılaşıldığında geleneksel lineer yöntemlerle çalışılması zordur. Bu nedenle, YSA doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan en etkin yöntemlerden biridir (Sarı, 2016).
- **Öğrenme:** İnsan beyninden esinlenerek oluşturulan YSA, problem verilerini kullanır ve bu veriler ile bağlar kurarak ağın öğrenmesini sağlar. YSA istenilen davranışı göstermek için problem verilerinden aldığı eğitimi kullanarak problemi öğrenmektedir. Bu özelliği ile çözülemeyen karmaşık problemleri çözebilmektedir.
- **Genelleme:** YSA, eğitim sonrası eksik bilgiler ile çalışabilir ve sisteme verilen yeni örneklerle, eksik bilgilere rağmen başarılı sonuçlar üretebilir. Geleneksel sistemlerin aksine eksik bilgiyle de çalışmaya devam edebilirler (Öztemel, 2003; Es, 2013).

- **Uyarlanabilirlik:** YSA, ilgilendiği problem türündeki değişikliğe göre ağırlıklarını ayarlamaktadır. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.
- **Hata toleransı:** YSA'nın eksik bilgiler ile çalışması hatalara karşı toleranslı olmasını sağlamaktadır. Ağ bazı hücrelerinin bozulması ve çalışamaz duruma düşmesi halinde bile çalışmaya devam eder. Ağın bozuk olan hücrelerindeki ağırlıkların önem derecelerine göre performansında düşüşler gözlemlenebilir. Hangi hücrenin ağırlığının önemli olduğuna da yine ağ eğitim esnasında kendisi karar verir (Öztemel, 2016).

1.4.2 Yapay Sinir Ağlarının Avantajları ve Dezavantajları

YSA'nın en büyük avantajı, öğrenme kabiliyeti olması ve farklı öğrenme algoritmaları kullanabilmesidir. Bunun yanında en sık görülen sakıncası ise sistemin çalışmasının analiz edilememesi ve öğrenme işleminde başarılı olunamama riski olmasıdır (Elmas, 2011).

YSA'nın bazı avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir;

Avantajları;

- Matematiksel modele ihtiyaç duymazlar.
- Öğrenme kabiliyeti vardır ve farklı öğrenme algoritmalarıyla öğrenebilirler.
- Matematiksel olarak modellenmesi zor olan ya da mümkün olmayan problemleri rahatlıkla çözümleyebilirler.
- Bir problem için ağ modelleneyeceği zaman herhangi bir bilgiye ihtiyaç duyulmaz sadece örnek gereklidir. Örnek bulmaksa bilgi bulmaktan kolaydır.
- Gerçek hayatta olaylar ve olayların arkasındaki değişik etkenlerin birbiri ile ilişkilerini bilmek zordur. Ancak bu YSA ile otomatik olarak yapılır.

- YSA'nın uygulanması oldukça pratik ve ekonomiktir. Sadece probleme ilişkin örneklerle ihtiyaç duyulduğundan basit bir programlama ile problemin çözümü mümkün olabilmektedir.
- YSA diğer sistemlere oranla zaman bakımından da verimli olup, örnek bulunduğunda, probleme uygun ağ oluşturularak, ağın öğrenmesi ve diğer örnekler içinde kullanılabilmesi çok kısa zamanda yapılabilmektedir.
- YSA, aynı olay için yeni ve farklı bilgiler oluşturduğunda da yeniden rahatlıkla eğitilebilir ve ortama uyum sağlaması sağlanabilmektedir.
- YSA paralel olarak çalıştığı için gerçek-zamanlı uygulamalar için kullanımı kolaydır.

Dezavantajları;

- Sistem çalışırken içerisinde neler olduğu bilenememektedir.
- Farklı sistemlere uygulanması zaman zaman zor ve güç olabilmektedir.
- YSA ile bir uygulama geliştirilirken model seçiminde ve ağların topolojisini belirlerken belli bir kural yoktur. Doğru seçimlerin yapılması tamamen kullanıcının tecrübesine bağlıdır.
- Herhangi bir problemin çözümünde kullanılmak üzere ağa sunulacak olan örnekler toplanırken de bir kural durumu yoktur, kullanıcı kendisi örnekleri belirler ve formülize eder.
- Ağın davranışlarının açıklanması mümkün olmadığı için ağa güven azalmaktadır.
- Bazen eğitim gerçekleşmesi uzun zaman alabilir.
- Bulunan çözümün en uygun çözüm olduğunu söylemek mümkün değildir. Sadece iyi çözümlerden biri olduğu söylenebilir. Oysa geleneksel yöntemler en uygun sonuçlar üretebilirler.
- Örneklerin bulunmasının zor olduğu ya da doğru örnekler için karar verilmediği durumlarda sağlıklı çözüm üretilememektedir (Es, 2013).

1.4.3 Yapay Sinir Ağları'nın Uygulama Alanları

YSA insan beynini taklit edebilme ve problemlere çözüm üretebilme özelliğinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Doğrusal olmayan, çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek veriler ve problemlerin çözümü için özellikle bir matematiksel model ve algoritmanın bulunmaması durumlarında yaygın halde YSA uygulamaları yapılabilmekte ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş ağlar genel olarak şu fonksiyonları yerine getirmektedir:

- Probabilistik fonksiyon kestirimleri
- Modelleme
- Sınıflandırma
- Veri ilişkilendirme ve örüntü tanımlama
- Zaman serileri analizleri
- Sinyal filtreleme
- Veri sıkıştırma
- Doğrusal olmayan sinyal işleme
- Doğrusal olmayan sistem modelleme
- Kümeleme
- Optimizasyon
- Zeki ve doğrusal olmayan kontrol (Öztemel, 2003; Baş, 2006).

YSA'ların gerçek hayattaki yaygın uygulama alanlarına şu örnekler verilebilir:

- Veri madenciliği
- Optik karakter tanıma ve çek okuma
- Bankalardan kredi isteyen müracaatları değerlendirme
- Ürünün pazardaki performansını tahmin etme
- Kredi kartı hilelerini saptama
- Zeki araçlar ve robotlar için optimum rota belirleme
- Güvenlik sistemlerinde konuşma ve parmak izi tanıma
- Robot hareket mekanizmalarının kontrol edilmesi
- Mekanik parçaların ömürlerinin ve kırılmalarının tahmin edilmesi

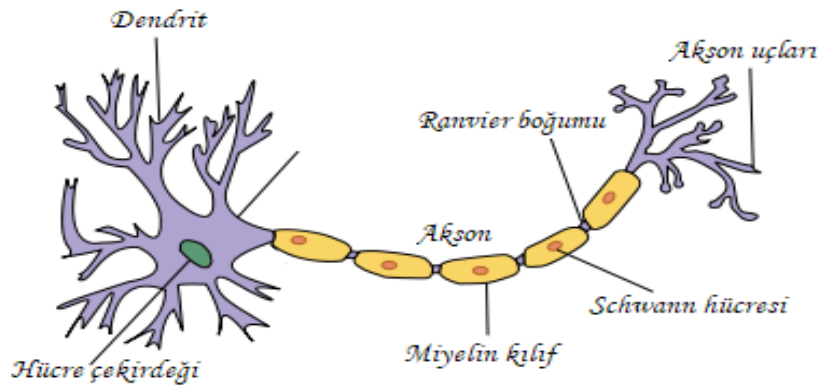
- Kalite kontrolü
- İş çizelgeleme ve iş sıralama
- İletişim kanallarındaki trafik yoğunluğunu kontrol etme ve anahtarlama
- Radar ve sonar sinyalleri sınıflandırma (Aydın, 2012).

1.4.4. Yapay Sinir Ağları'nın Yapısı ve Temel Elemanları

1.4.4.1 Biyolojik Sinir Hücresi

Biyolojik sinir ağları insan beyninin çalışmasını sağlayan en temel taşlardan birisidir. İnsanların bütün davranışlarını ve çevresini anlamasını sağlar (Adıyaman, 2007).

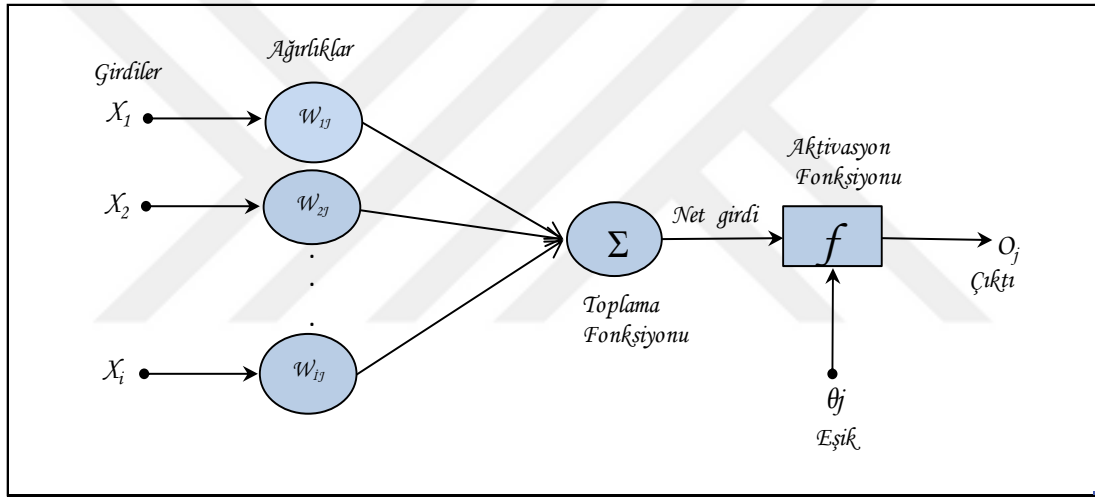
İnsanın beyinsel gücünü oluşturan bu yapı taşları birkaç genel işleve sahiptirler. Bir biyolojik nöron temel olarak diğer kaynaklardan girdiler alır, belirli bir şekilde bunları birleştirir ve nihai sonucu üretir. Şekil 8'de bir nöronun 4 temel elemandan oluşan yapısı görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere tüm doğal nöronlar dentrit, çekirdek, akson ve sinapstan oluşmaktadır. Dentritler çekirdeğin saç benzeyen uzantılarıdır ve girdi kanalları olarak işlev görürler. Bu girdi kanalları diğer nöronların sinapsları aracılığıyla girdilerini alırlar. Daha sonra çekirdek, gelen bu sinyalleri zaman içinde işler ve çıktıya dönüştürür. Bu çıktı akson ve sinapslar aracılığıyla diğer nöronlara gönderilir (Bahadır ve Özdemir, 2016).



Şekil 8: Biyolojik sinir hücresi.

1.4.4.2 Yapay Sinir Hücresi

Tipik bir Yapay Sinir Hücresi (YSH) girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılarından oluşmaktadır (Şekil 9). İlk katman olan girdi katmanı ile dış ortamdan gelen veriler YSA'ya alınır. Bu katman probleme etki eden parametreleri oluşturmaktadır. Girdi katmanındaki parametreler sinir hücresindeki etkisini belirleyen ağırlık katsayıları ile çarpıldıktan sonra hücreye gelen net girdi toplama fonksiyonu ile hesaplanmış olur. Daha sonra aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen bu net girdiyi değerlendirip bu girdiye karşılık üretilecek çıktıyı belirlemektedir. Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı dış ortama ya da başka bir YSA hücresine girdi olarak gönderilir (Kurt vd., 2017).



Şekil 9: Yapay Sinir Hücresi gösterimi.

Girdiler: Girdiler nöronlara gelen verilerdir. Girdiler YSH'ye bir diğer hücreden gelebileceği gibi direkt olarak dış dünyadan da gelebilir. Bu girdilerden gelen veriler biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi toplanmak üzere nöron çekirdeğine gönderilir (Çayıroğlu, 2017).

Ağırlıklar: Ağırlıklar, gelen bilgilerin hücre üzerindeki etkisini belirleyen katsayılardır. Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girmekte ve ağırlıklar yapay sinirde girdi olarak kullanılacak değerlerin göreceli kuvvetini (matematiksel katsayısını) göstermektedirler. YSA içinde girdilerin hücreler arasında iletimini sağlayan tüm bağlantıların farklı ağırlık değerleri bulunur (Elmas, 2011; Es, 2013).

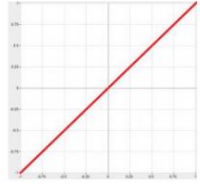
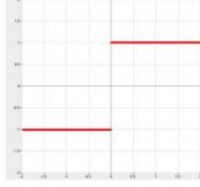
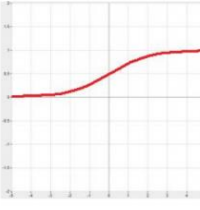
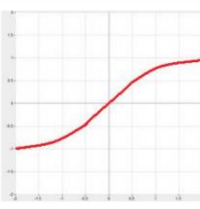
Toplama Fonksiyonu: Toplama fonksiyonu bir YSH'ye ağırlıklarla çarpılıp gelen girdileri toplayarak, o hücrenin net girdisini hesaplayan bir fonksiyondur. Bazı durumlarda gelen girdilerin değeri dikkate alınırken, bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonu belirlenirken geliştirilmiş bir yöntem yoktur. Genellikle deneme yanılma yoluyla toplama fonksiyonu belirlenmektedir. Bazen her hücrenin toplama fonksiyonunun aynı olması gerekmez. Bu konulara karar vermek tasarımcıya aittir (Öztemel, 2003; Çayıroğlu 2017). Tablo 2’de yaygın olarak kullanılan bazı toplama fonksiyonları verilmiştir.

Tablo 2: Bazı toplama fonksiyonları.

Toplam $Net = \sum_{i=1}^N x_i * W$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleriyle toplanarak net girdi hesaplanır.
Çarpım $Net = \prod_{i=1}^N x_i * W_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleriyle çarpılarak net girdi hesaplanır.
Maksimum $Net = \text{Max}(x_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en büyüğü net girdi olarak kabul edilir.
Minimum $Net = \text{Min}(x_i * W_i)$	n adet girdi içinden ağırlıklar girdilerle çarpıldıktan sonra içlerinden en küçüğü net girdi olarak kabul edilir.
Çoğunluk $Net = \sum_{i=1}^N \text{Sgn}(x_i * W_i)_i$	n adet girdi içinden girdilerle ağırlıklar çarpıldıktan sonra pozitif ile negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif Toplam $Net = \text{Net}(\text{eski}) + \sum_{i=1}^N x_i * W$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır. Daha önce hücreye gelen bilgilere yeni hesaplanan girdi değerleri eklenerek hücrenin net girdisi hesaplanır.

Aktivasyon Fonksiyonu: Bu fonksiyon hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. YSA'nın bir özelliği olan “doğrusal olmama” aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden gelmektedir. Aktivasyon fonksiyonu seçilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise fonksiyonun türevinin kolay hesaplanabilir olmasıdır. Geri beslemeli ağlarda aktivasyon fonksiyonunun türevi de kullanıldığı için hesaplamaların yavaşlamaması için türevi kolay hesaplanır bir fonksiyon seçilir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan “Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)” modelinde genellikle aktivasyon fonksiyonu olarak “Sigmoid fonksiyonu” kullanılır (Öztemel, 2003; Çayıroğlu 2017). Yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: Aktivasyon fonksiyonları (Öztemel, 2003; Çayıroğlu 2017).

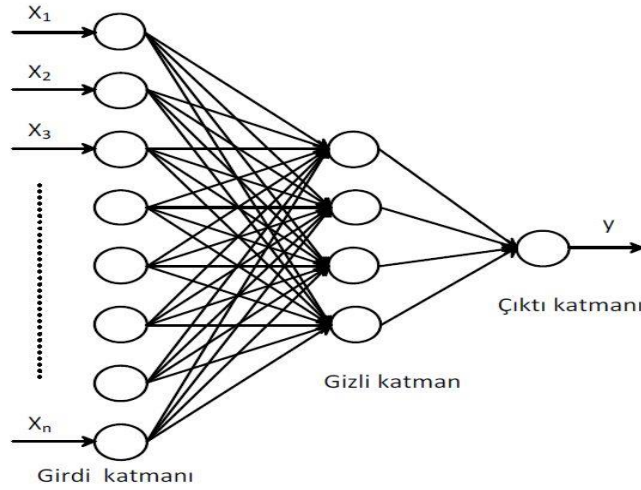
Doğrusal (Lineer) Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = A * Net$ (A sabit bir sayı)	Doğrusal problemler çözmek amacıyla aktivasyon fonksiyonu doğrusal bir fonksiyon olarak seçilebilir. Toplama fonksiyonundan çıkan sonuç, belli bir katsayı ile çarpılarak hücrenin çıktısı olarak hesaplanır.
Adım (Step) Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \begin{cases} 1 & \text{if } Net > \text{Eşik Değer} \\ 0 & \text{if } Net \leq \text{Eşik Değer} \end{cases}$	Gelen Net girdinin belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$	Sigmoid aktivasyon fonksiyonu sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyondur. Doğrusal olmayışı dolayısıyla yapay sinir ağı uygulamalarında en sık kullanılan fonksiyondur. Bu fonksiyon girdi değerlerinin her biri için 0 ile 1 arasında bir değer üretir.
Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \frac{e^{Net} + e^{-Net}}{e^{Net} - e^{-Net}}$	Tanjant hiperbolik fonksiyonu, sigmoid fonksiyonuna benzer bir fonksiyondur. Sigmoid fonksiyonunda çıkış değerleri 0 ile 1 arasında değişirken hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıkış değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir.
Eşik Değer Fonksiyonu		$F(Net) = \begin{cases} 0 & \text{if } Net \leq 0 \\ Net & \text{if } 0 < Net < 1 \\ 1 & \text{if } Net \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerin 0 dan küçük-eşit olduğunda 0 çıktısı, 1 den büyük-eşit olduğunda 1 çıktısı, 0 ile 1 arasında olduğunda ise yine kendisini veren çıktılar üretilebilir.
Sinüs Aktivasyon Fonksiyonu		$F(Net) = \sin(Net)$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.

Çıktılar: Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Bu değer ya başka bir YSH'ye girdi olarak ya da dış ortama gönderilir. Bir YSA hücresinin birden fazla girdisi olmasına rağmen tek bir çıktısı vardır (Sarı, 2016).

1.4.4.3 Yapay Sinir Ağı Yapısı

YSH'nin birbirlerine bağlanması ile YSA oluşmaktadır. Genel olarak YSA, giriş katmanı, ara katman (gizli katmanlar) ve çıkış katmanı olmak üzere 3 ana katmandan oluşmaktadır (Şekil 10).

Giriş katmanında alınan girişler, giriş katmanı ve gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıkları ile çarpılıp gizli katmana iletilmektedir. Gizli katmandaki sinirlere gelen girişler toplanarak aynı şekilde gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları ile çarpılıp çıkış katmanına iletilir. Çıkış katmanındaki sinirlerde kendi hücrelerine gelen bu girişleri toplayarak buna uygun bir çıkış üretirler. Burada giriş katmanından çıkış katmanına doğru, gizli katmanlar üzerinden tek yönlü bir iletişim mevcuttur (Elmas, 2011).



Şekil 10: Tipik bir Yapay Sinir Ağı.

1.4.5 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme, Adaptif Öğrenme ve Test Etme

YSA'da proses elemanlarının bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine ağın eğitilmesi adı verilmektedir. YSA, başlangıçta rastgele olarak atanan bu ağırlık değerlerini, kendisine örnekler gösterildikçe değiştirir. Buradaki amaç ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Örnekler ağa defalarca gösterilerek en doğru ağırlık değerleri bulunmaya çalışılır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine ağın öğrenmesi denir. Ağırlık değerlerinin değişmesi belirli kurallara göre yürütülmektedir. Bu kurallara öğrenme kuralları denir.

YSA'da öğrenme olayının iki aşaması vardır. Birinci aşamada ağa gösterilen örnek için ağın üreteceği çıktı belirlenir. Bu çıktı değerinin doğruluk derecesine göre ikinci aşamada ağın bağlantılarının sahip olduğu ağırlıklar değiştirilir. Ağın çıktısının belirlenmesi ve ağırlıkların değiştirilmesi öğrenme kuralına bağlı olarak farklı şekillerde olmaktadır.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra performansını ölçmek amacıyla yapılan denemelere ise ağın test edilmesi denilmektedir. Test aşamasında ağın öğrenme sırasında görmediği örnekler kullanılır ve bu aşamada ağın ağırlık değerleri değiştirilmez. Örnekler ağa gösterilmekte ve ağ eğitimi sırasında belirlenen ağırlık değerlerini kullanarak daha önce görmediği bu örnekler için çıktılar üretmektedir. Elde edilen çıktıların doğruluk dereceleri ağın öğrenmesi hakkında bilgi vermektedir. Sonuç ne kadar iyi olursa eğitimin performansı da o kadar iyi demektir (Öztemel, 2016).

1.4.6 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

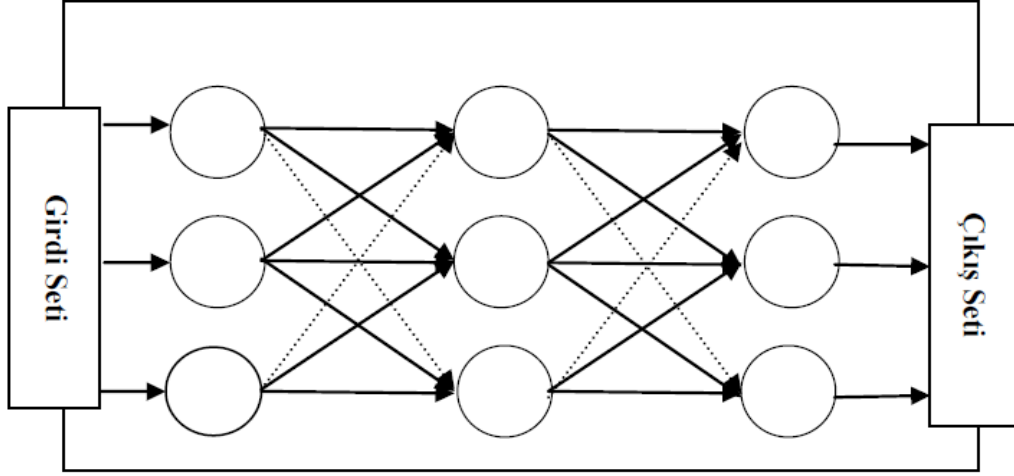
YSA'yı bağlantı yapısına, öğrenme yöntemine ve katman sayısına göre 3 ayrı sınıfa ayırmak mümkündür.

1.4.6.1 Bağlantı Yapısına Göre Yapay Sinir Ağları

Bağlantı yapısına göre YSA iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar ileri beslemeli ağlar ve geri beslemeli ağlardır.

İleri Beslemeli Ağlar

İleri beslemeli bir ağda işlem elemanları genellikle katmanlara ayrılmıştır. İşlemci elemanlar, bir katmandan diğer bir katmandaki tüm işlem elemanlarıyla bağlantı kurarlar. Ancak işlem elemanlarının aynı katman içinde kendi aralarında bağlantıları bulunmaz ve bu ağlar girdi veriye genellikle hızlı bir şekilde karşılık üretirler. İleri beslemeli ağlarda bilgi akışı girdi katmanından gizli katmana, gizli katmandan da çıktı katmanına doğru geri besleme olmaksızın tek yönde yapılmaktadır (Şekil 11) (Zhang, 2003; Bayramoğlu, 2007; Akaytay, 2010).

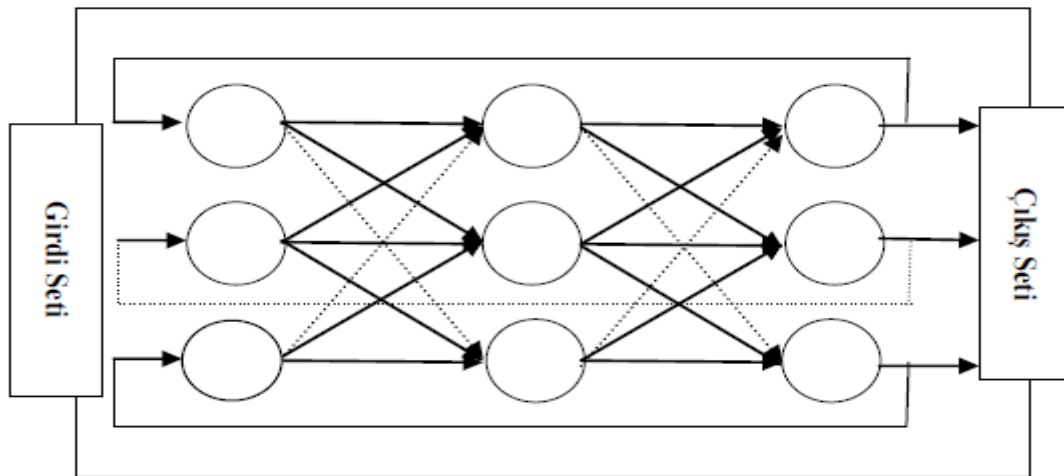


Şekil 11: İleri beslemeli Yapay Sinir Ağı.

Geri beslemeli ağlar

Geri beslemeli YSA'da ileri beslemeli olanların aksine bir hücrenin çıktısı sadece kendinden sonra gelen hücrenin katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir hücreye de girdi olarak bağlanabilir (Şekil 12).

Bu yapısı ile geri beslemeli YSA, doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli YSA yapıları elde edilebilmektedir. Ayrıca, hem ileri besleme hem de geri yayılma olarak tanımlanabilecek ağ yapıları da mevcuttur (Çayıroğlu, 2017).



Şekil 12: Geri beslemeli Yapay Sinir Ağı.

1.4.6.2 Öğrenme Yöntemine Göre Yapay Sinir Ağları

Öğrenme yöntemine göre YSA'da değişik öğrenme stratejileri kullanılmaktadır. Genel olarak; danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve destekleyici öğrenme stratejisinin uygulandığı görülmektedir.

Danışmanlı Öğrenme

Danışmalı öğrenmede, dışarıdan bir eğiticinin YSA'ya müdahalesi söz konusudur. Eğitim sırasında, hem girdi değerleri hem de o girdi değerleri için istenen çıktı değerleri sisteme verilir. Gerçekleşen çıktıyla hedeflenen (beklenen) çıktılar arasındaki hata hesaplandıktan sonra, ağın yeni ağırlıkları bu hata payına göre düzenlenir. Hata payı hesaplanırken ağın bütün çıktı değerleriyle beklenen çıktıları arasındaki fark hesaplanır ve bu farka göre her ağa düşen hata payı bulunur. Daha sonra her ağ kendine gelen ağırlıkları günceller. Bu hata minimum olana kadar, ağ nöronlar arasındaki ağırlıkları düzelterek iterasyona devam eder (Sağıroğlu vd. 2003).

Ağ kendisine sunulan örneklerden genellemeler yaparak bir çözüm uzayı elde eder. Daha sonra bu çözüm uzayı benzer girdiler için sonuç üretir. Eğitim aşamasında genelde çok zaman harcanır. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen Delta Kuralı ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen Genelleştirilmiş Delta Kuralı veya Geri Yayılım Algoritması, Çok Katmanlı Ağlar danışmalı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir (Yalçın, 2012; Deveci, 2012).

Danışmansız Öğrenme

Bu tür öğrenmede ağa sadece girdiler verilir. Ağın ulaşması gereken hedef çıktılar verilmez. Girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirir. Ağ daha sonra bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren desenler (patterns) oluşturmak üzere ayarlar (Kunt, 2007).

Destekleyici Öğrenme

Destekleyici öğrenme algoritması, istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Destekleyici öğrenme (reinforcement training) yöntemi öğreticili öğrenme yöntemine benzemekle birlikte, ağa hedef çıktılar yerine, ağın çıktılarının ne ölçüde doğru olduğunu belirten bir skor veya derece bildirilir (Kunt, 2007).

1.4.6.3 Katman Sayısına Göre Yapay Sinir Ağları

YSA, YSH'nin oluşturduğu bir yapıdır. Benzer özellikleri gösteren YSH'nin oluşturduğu öbeğe katman denir. Örneğin girdi sinir hücreleri girdi katmanını, çıktı sinir hücreleri çıktı katmanını oluşturur. Eğer bir YSA tek katmandan oluşuyor ise tek katmanlı, birden fazla katmandan oluşuyor ise çok katmanlı YSA olarak adlandırılır (Es, 2013).

Tek katmanlı algılayıcılar girişler, toplama-aktivasyon görevlerini yerine getiren bir gövde ve çıkıştan oluşur. Bu bakımdan çok-girişli tek çıkışlı yapıdadır. Çok katmanlı algılayıcılarda ise giriş ve çıkış katmanlarının dışında, sayısı tasarımcı tarafından belirlenen ara katman veya katmanlar bulunur. Bazı kaynaklarda ara katman yerine gizli katmanda denilmektedir. Giriş ve çıkış katmanlarındaki hücre sayıları, uygulamanın niteliğine bağlıdır. Örneğin 3 girişli 2 çıkışlı bir sistem için tasarlanacak YSA'da, giriş katmanında 3 ve çıkış katmanında 2 tane hücre bulunacaktır. Gizli katman sayısı ve gizli katmanlarda bulunacak gizli hücre sayılarının belirlenmesinde ise bir kısıtlama yoktur. Fakat gizli katman ve gizli hücre sayılarının uygun şekilde seçilmemesi, YSA'nın performansını olumsuz şekilde etkileyebilmektedir (Öğücü, 2006).

ÇKA ağında bilgi girdi katmanından ağa sunulur ve ara katmanlardan geçerek çıktı katmanına gider ve ağa sunulan girdilere karşılık ağın cevabı dış dünyaya iletilir. ÇKA ağı danışmanlı öğrenme stratejisini kullanır. Ağ, hem örnekler hem de örneklerden elde edilmesi gereken çıktılar verilmektedir. Ağ kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak problem uzayını temsil eden bir çözüm uzayı üretmektedir. Daha sonra gösterilen benzer örnekler için bu çözüm uzayı sonuçlar ve çözümler üretebilmektedir (Öztemel, 2016).

1.5 Orman Ürünleri Sanayi

Orman ürünleri sanayi ormanlardan elde edilen birincil ve ikincil ham ürünleri, özellikle odun ham maddesini kendine özgü yöntem ve tekniklerle bünyesini değiştirmeden veya değiştirerek yarı mamul veya mamul haline dönüştüren bir sanayi koludur (Yazıcı, 1992).

İmalat sanayinin alt sektörlerinden biri olan orman ürünleri sanayi, ormanlardan elde edilen ürün çeşit ve sayısının fazla olması nedeniyle yapı ve özelliği birbirinden farklı olan çok sayıda sanayi kollarından meydana gelmektedir. Genel olarak bunları dört gruba ayırmak mümkündür (Özen ve Vurdu 1988);

Birincil İmalat Sanayi: Yuvarlak odunu doğrudan hammadde olarak kullanan ambalaj sandığı da dahil kereste, her türlü ahşap levha sanayi (kaplama, kontrplak, kontrtabla, yongalevha ve liflevha) ile kağıt sanayisinden meydana gelir.

İkincil İmalat Sanayi: Bu grup, birincil imalat sanayisinden elde edilen yarı mamul ürünleri hammadde olarak kullanan ahşap parke, doğrama, mobilya, karoser, prefabrik ev vb. sanayi kollarından meydana gelir.

Diğer Orman Ürünleri Sanayi: Bu gruba, özel üretim gerektiren kalem, müzik aletleri, ayakkabı kalıbı, ahşap oyuncak, silah dipçığı vb. sanayi kolları dahildir.

Orman Tali Ürünleri Sanayi: Ağacın kabuğu, yaprağı, meyvesi, tohumu, reçinesi, sığlası vb. ürünlerini değerlendiren sanayi kolları bu grup içerisinde sayılmaktadır.

Orman ürünleri sanayisinin büyük bir bölümünü, odunu doğrudan endüstriyel olarak işleyen üretimler oluşturmaktadır. Üretimlerde, odun üzerinde üretim çeşidine göre fiziksel (tomruk-kereste, lif yonga odunu-yongalevha, MDF vb.) ve kimyasal değişimler (kağıt vb.) olmakta, fiziksel değişimle gerçekleştirilen üretimlerin bir kısmında odun hammaddesi yanında çeşitli kimyasal maddeler (sentetik yapıştırıcılar başta olmak üzere) kullanılmaktadır. Sanayinin diğer bir bölümü ise elde edilen ürünleri daha sonraki imalatlar için hammadde olarak kullanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990; Kurt, 2011).

Odun hammaddesinin, endüstrinin çeşitli kollarında işlenmesi ve yeni mamuller haline gelmesi ile değeri yükselmekte, kullanım yeri artmakta ve genişlemekte, böylece toplumun çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak mümkün olmaktadır. Odun hammaddesinin kullanım değerini artırmak amacıyla faaliyet gösteren sektör konumunda olan orman ürünleri sanayi, Türkiye ekonomisi içerisinde, ağırlığını zamanla artırabilen bir yapıya sahip olmuştur. Gerek istihdam ettiği çalışanlar ve gerekse üretim sürecine aktardığı ürünler ile kalkınma sürecinde etkili olmuş ve ekonomik faaliyetlerin gelişimini sağlamıştır (Akyüz, 2000).

1.5.1 Türkiye Orman Ürünleri Sanayisinin Genel Durumu

Türkiye’de 1970’li yıllarda sanayi yapılanması içerisinde yer almaya başlayan orman ürünleri sanayi sektörü, 1892 yılında ilk kereste fabrikasının İstanbul’da kurulmasıyla birlikte hızlı bir gelişim sürecine girmiştir. 1970 yılında orman bakanlığına bağlı bir kuruluş olarak kurulan Orman Ürünleri Sanayi Kurumu’nun (ORÜS), 1992 yılında özelleştirme kapsamına alınması ve 1996-2000 yıllarında ise özelleştirme sonrasında tüzel kişiliğinin sona ermesi ile orman ürünleri endüstrisi özel sektörün hakim olduğu bir yapılanma haline gelmiştir (Ekti, 2013).

Türkiye’de kereste, mobilya ve levha endüstrisi, işyeri sayısı ve istihdam durumu bakımından en önde gelen ve en yaygın olan orman endüstri sektörlerini oluşturmaktadır. Kereste ve parke sanayi, dinamik bir iç pazara sahip olduğu gibi, ihracat gerçekleştirilen ülkelere dönük pazarlarda da günden güne daha etkili olmaktadır. Ancak, sanayinin hammadde, işletme yapılanması, kalite, iyi yetişmiş insan gücü ve finans gibi sorunları dış pazarlarda rekabet şansını güçlendirmektedir. Türkiye mobilya endüstrisi ise çoğunluğu geleneksel yöntemlerle çalışan atölye tipi, küçük ölçekli işletmelerle birlikte 1990’larda orta ve büyük ölçekli işletmelerin katılımları ile bilgi ve sermaye ağırlıklı imalat kolu olmuş ve son 10 yılda dış ticaret açığı vermeyen nadir sektörlerden biri haline gelmiştir. Hızlı gelişim ve değişim sürecinde olan sektör, markası, kalitesi, sektördeki küçük-büyük ölçekli işletmeleri, coğrafi konumu, ülkenin genel büyüme yönlü politikası, genç nüfusu, kişi başına düşen milli gelirin iyileşmesi gibi faktörler doğrultusunda iç ve dış pazarlarda büyük potansiyel arz etmektedir. Bir diğer önemli sektör levha sanayi ise orman ürünleri sanayisinde en modern yapılanmaya sahip sektörlerden birini oluşturmakta ve tamamı fabrikasyon üretim yapan kuruluşlardan oluşmaktadır. Dış ticaret dengesi bakımından diğer sektörlerle göre en iyi sanayi sektörlerinden biridir (TOBB, 2012; TOBB, 2013).

Türkiye ahşap esaslı levha üretim sektöründe dünyada 5. Avrupa’da ise Almanya’dan sonra 2. sırada gelmektedir. orta/yüksek yoğunluklu liflevha üretiminde ise Avrupa’da 1. dünyada 2. sırada yer alırken, yongalevha üretiminde Avrupa da 3. dünyada 5. sırada yer almaktadır (OAİB, 2015). Ancak ülkemizin bu sektörde üretim maliyetleri ve son kullanım yerleri bakımından katma değeri yüksek ürünleri üretme, iç ve dış pazarlara sunabilme ve rekabet edebilme konularında henüz yeterince güçlü bir yapıya kavuşmadığı belirtilmektedir (Çabuk vd., 2013; Çabuk vd., 2015; İstek vd. 2017).

Orman ürünleri sanayisinde yer alan kaplama-kontrplak, kağıt gibi diğer endüstri kollarının ise daha çok gelişim aşamasında olduğu görülmektedir. Mobilya sektörünün önemli ve ayrılmaz girdilerinden biri olarak nitelendirilen ahşap kaplama malzemelerinin üretiminde genel olarak kesme kaplama teknolojisi kullanılmaktadır. Sektörde üretim yapan firmaların büyük bir bölümü Marmara Bölgesi’nde (% 80 civarında) bulunmakta olup, bu bölgeyi İç Anadolu Bölgesi (% 15) izlemektedir. Ülkemizde ahşap kaplama malzemeleri sektöründe tam kapasite ile çalışılmamakta olup, bunun en önemli nedenlerinin başında talep yetersizliği, hammadde yetersizliği ve finansman sıkıntısı yer almaktadır. (TOBB, 2011; Sakarya ve Canlı, 2011). Kağıt sektöründe ise 1980’li yıllara kadar kendine yeterli bir görünüm çizen Türkiye, izleyen dönemde kalite açısından yüksek ithal ürünlerin yurt içi piyasaya girmesi ve zamanla bu ürünlerin tercih edilmesi nedeniyle dış piyasalara bağımlı bir hale gelmiştir. Güçlü iç talebin yanı sıra çevre ülkelere artan ihracat nedeniyle kağıt ve kağıt ürünleri sektöründe kapasite kullanım oranı (KKO) imalat sanayinin üzerinde seyretmektedir (İSO, 2015; Çevik, 2016).

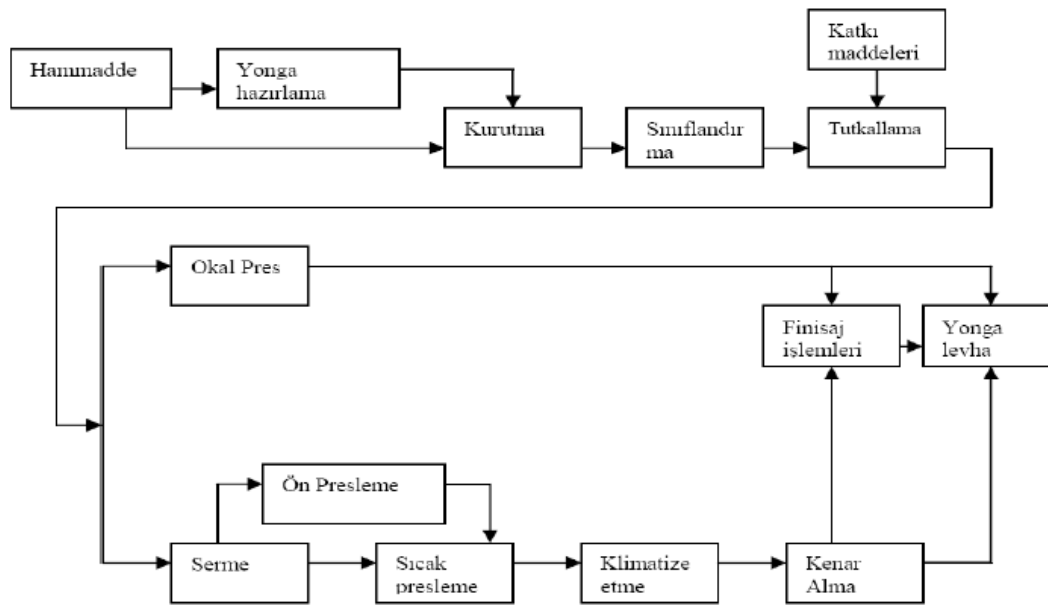
Genel olarak önceleri emek yoğun bir sektör olan orman ürünleri sanayisinin, giderek makine yoğun bir sektör haline dönüşmeye başladığı görülmektedir. Bu sektörün tüm alt sektör dalları önceleri iç piyasaya yönelik kurulmuş iken, şimdi dünya pazarlarına hitap eden bir duruma gelmiştir (Ekti, 2013).

1.5.2 Yongalevha Endüstrisi

Yongalevha genellikle odun hammaddesinden elde edilen yonga veya küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç altında (izotermik ve izostatik) geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan, gerek bina

yapımında gerekse mobilyacılıkta kullanılan yapay ahşap esaslı malzemedir (Bozkurt ve Göker, 1990; Akyüz, 2004).

Yongalevhaların hazırlanmasında kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Oduna dayalı hammaddeler içerisinde ise yakacak odun, orman artıkları, uygun kalınlıktaki dal odunları, düşük değerdeki kerestelik tomruklar, yuvarlak ve yarma sanayi odunu ile ağaç işleyen endüstrilerin başlıca artıkları bu amaçla değerlendirilmektedir. Ayrıca bunların dışında saman, saz, şeker kamışı, keten-kenevir sapı, ayçiçeği sapı, fındık, yer fıstığı kabukları ile pamuk tohumları da kullanılabilir (Bozkurt ve Göker, 1990).



Şekil 13: Yongalevha üretim teknolojisi (Yeniocak, 2008).

Yongalevha, üretimi için, önce odun hammaddesi, yongalama makinesinde yonga haline getirilir ve yaş yonga silolarına alınır. Kurutucuda kurutulan yongalar tasnif edilerek üst ve orta tabaka yongaları olarak ayrı silolarda depolanır. Daha sonra tutkal ve diğer kimyasallarla karıştırılır, üst ve orta tabakalar serme makinasıyla bant üzerine serilerek levha taslağı hazırlanır ve preslerde sıcaklık ve basınç yardımı ile plaka haline getirilir. Pres çıkışında soğutma, ebatlama ve istifleme işlemleri yapılır. Kondisyonlama için 1–3 gün bekletildikten sonra zımparalanarak satışa hazır hale getirilir (Şekil 13) (URL-4, 2014).

Yongalevhaların uzunlukları 1000 mm'den başlamakta ve 3660 mm'ye kadar çıkabilmektedir. Genişlikleri ise 1200-1500-1750-1830 mm gibi ölçülerde bulunmaktadır. Piyasada 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50 mm standart kalınlıklarda, hatta 70 mm gibi daha fazla kalınlıklarda da üretim yapılabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Sektörde faaliyet gösteren kuruluşların çoğunluğu TSE kalite yeterlilik belgesi ve TSE uygunluk belgelerini almış olup üretimlerinde standartlara uymaktadırlar. Ayrıca bazıları ISO 9001, ISO 9002, ISO 14000, OHSAS 18001 ve SA 8000 standart belgelerine sahiptir. Kapasite kullanım oranı ise % 80 civarındadır (TOBB, 2011).

Yongalevhalar ucuzlukları ve biçim değiştirmemeleri nedeni ile hemen hemen büyük ölçüde masif ağaç ve kontrtablanın yerini almıştır. Bunlar her türlü mobilya, kaplamalı kapı, tavan, lambri gibi dekorasyon işleri; mağaza, gazino, tiyatro ve sinema salonları dekorasyonu; gemi, otobüs ve prefabrik ev yapımında ve benzeri yerlerde başarı ile kullanılmaktadır (Akyüz, 2004).

1.5.2.1 Yongalevha Endüstrisinde Karşılaşılan Kalite Problemleri

Kara (2011)'e göre yongalevha endüstrisinde karşılaşılan levha kalitesiyle ilgili bazı problemler şu şekilde sıralanmaktadır;

Direnç düşüklükleri: Üretim esnasında üretilen levhalardan çeşitli yöntemler kullanılarak örneklem grupları oluşturulmakta ve kalite bölümlerinde bu levhaların çekme ve eğilme dirençleri ölçülmektedir. Levha yongaları arasındaki yapışmanın sağlamlığı çekme direnci ile anlaşılmaktadır. Eğilme direnciyle ise levha numunesinin iki dayanak arasında kırılıncaya kadarki deformasyon miktarı ölçülmektedir. Kullanılan hammadde türü, hammadde karışım oranları, pres sıcaklıkları, vs. birçok neden levhanın mekanik özelliklerini etkilemektedir.

Farklı levha kalınlıkları: Üretim esnasında üretilen ürünlerin tamamının istenilen özelliklerde olması imkânsızdır. Yongalevha endüstrisinde de presleme aşamasında ya da presten sonra üretilen levhaların kalınlıklarında küçükte olsa farklılıklar olmaktadır. Bu farklılıklar istenilen değerleri aşmadığı sürece üretim işleminin normal olarak devam ettiği söylenebilir. Ancak levha kalınlıklarındaki büyük farklılıklar üretime müdahale gerektirmektedir.

Zımpara sonrası sorunlar: Levhalar kondisyonlama işlemi tamamlandıktan sonra levhanın istenilen kalınlığını, pürüzsüzlüğü ve sonraki aşamalara hazır olmasını sağlamak amacıyla zımparalama işlemine alınmaktadır. Ancak zımpara sonrasında da levhada istenmeyen sorunlar oluşabilmektedir. Bu sorunlardan bazıları şunlardır;

Blender tutkal lekesi: Zımpara sonrası levha yüzeyinde görülmesi istenmeyen irili ufaklı elle hissedilebilen siyah lekeler,

Kalınlık kurtarmayan: Zımpara sonrası levha kalınlıklarının istenilen değerlerin altına gelmesi,

Kırık: Zımparalama sırasında levhada oluşan kenar ya da köşe kırıkları,

Ondülasyon: Zımparalama işlemi sonrası levha yüzeylerinde enine yönde oluşan ve levha yüzey kalitesini olumsuz etkileyen ondüleli görünümüdür.

Tablet bezi yama izi: Zımpara sonrası yongalevha altında görülen tablet bezi izleridir.

Diğer sorunlar: Levha genelinde görülen diğer problemleri ise şu şekilde sıralayabiliriz;

Çap oluşumu: Levha paralel kenarlarının ölçülerindeki şaşmadır.

Dönüklük: Levha yüzeyinin belli bir yöne doğru aldığı ivmedir.

Kiloda düşme ve artma: Pres çıkışı levhanın tartıda istenilen çalışma değerinden fazla yada düşük gelmesidir.

Leke: Levhanın yüzey görünümünü bozan farklı tonlardaki yağ ve tutkal kaynaklı istenmeyen lekelerdir.

Çukurlu levha yüzeyi: Levhanın enine ve boyuna yönde bazı bölgelerinde presleme sonrası çukur izi gözükmeye başlar.

Patlak: Levhanın enine ve boyuna yönde bazı bölgelerinin kabarma şeklinde prestin yapışmadan çıkmasıdır.

Tozlaşma: Levhanın yüzey görünümünü ve kalitesini bozan hammadde kaynaklı istenmeyen durumlarıdır.

Üflek: Presin kapanma sırasında lif taslağında özellikle kenar kısımlarını dağıtması ya da parça koparmasıdır (Kara, 2011).



BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Bu çalışmada gerekli istatistiksel teknikleri uygulayabilmek için 1971 yılından beri Kastamonu’da faaliyet gösteren 127.000 m² açık ve 30.000 m² kapalı alana sahip ham ve melamin kaplı yongalevha üretimi yapan bir yongalevha tesisi seçilmiştir. Çalışma materyalini işletmeden 6 ay boyunca alınan yongalevhaların bazı mekanik özelliklerine ait (elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci, yüzey sağlamlığı) kalite değerleri oluşturmaktadır (EK-A ve EK-B). Söz konusu örnekler Şubat 2016-Temmuz 2016 tarih aralığını kapsamaktadır.

Çalışmada Shewhart, CUSUM, EWMA kontrol grafiklerinin oluşturulmasında ve ARIMA (Otoregresif Hareketli Ortalamalar) gibi istatistik testlerin yapılmasında MINITAB, YSA modellerinin kurulmasında ise MATLAB yazılımından yararlanılmıştır.

2.2 Metot

Çalışmanın ilk aşamasını fabrikadan verilerin elde edilmesi işlemi oluşturmaktadır. Bu amaçla örnekler günde 3 vardiya halinde çalışan işletmeden belirtilen tarih aralıklarında, işletmenin belirlemiş olduğu örnekleme planına uygun olarak alınmıştır. İşletmede aynı ay içerisinde üretilen yongalevha çeşit ve özelliklerinin değişkenlik göstermesi nedeniyle, sadece tek tip levhaya odaklanılmış ve ölçümler bu levhalar üzerinde, bu levhaların üretildiği tarihlerde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin alındığı levhalar 18 mm kalınlığında, 630 kg/m³ yoğunluğunda ve 2100×2800 mm ebatlarında, kuru şartlarda iç donanım uygulamaları (mobilya dahil) için, tip P-2 standardıyla üretilmiş olup, testler için kullanılan numunelerin boyut ve parça sayıları TS EN 310, TS EN 311, TS EN 319 ve TS EN 320 standartlarına göre belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: Test numuneleri için TS EN standart tablosu (TSE, 1993; 1999; 2005; 2011).

TS EN NO	TS EN TANIMI	TEST ADI	NUMUNE EBATLARI (mm)	TEST PARÇA SAYISI (Adet)
TS EN 310 (1993)	Ahşap esaslı levhalar-Eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modülünün tayini.	Elastikiyet modülü tayini	50×410	6
TS EN 319 (1999)	Yongalevhalar ve liflevhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini.	Yüzeye dik çekme direnci tayini	50×50	6
TS EN 311 (2005)	Ahşap esaslı levhalar-Yüzey sağlamlığı değerinin tayini.	Yüzey sağlamlığı tayini	50×50	6
TS EN 320 (2011)	Yongalevhalar ve lif levhalar-Vida tutma mukavemetinin tayini	Vida tutma direnci tayini	75×75	3

Bu yongalevhalarından günde yaklaşık 6500-7000 adet arasında üretim yapılmaktadır. Şubat 2016- Temmuz 2016 tarihleri arasında alınan örnekler çalışma planına ve uygulanacak yöntemlere göre 3'er aylık iki döneme ayrılmıştır. Örneklem büyüklüğü TS EN ve fabrikanın uyguladığı standartlara uygun olarak 6 (vida tutma direnci için 3), örnek sayısı ise belirtilen ürünün üretildiği her gün alındığı için ilk 3 ay 42, ikinci 3 ay 65 olarak alınmıştır. Belirtilen tarih aralıklarında işletme nisan ayının ilk haftası olmak üzere 1 kez komple bakımdan geçmiştir.

Örnekler elde edildikten sonra işletmede kalitenin iyileştirilmesi yönünde yapılan istatistiksel çalışmalar 2 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar;

- 1) Shewhart, CUSUM, EWMA kontrol grafiklerinin oluşturulması
- 2) YSA modelinin kurulması, tahmin ve analiz

Shewhart, CUSUM, EWMA kontrol grafiklerinin oluşturulmasında Şubat, Mart ve Nisan ayları arasındaki elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, yüzey sağlamlığı değerlerine ait toplam 42x6'şar adet, vida tutma direnci değerleri için ise 42x3'er adet örnek kullanılmıştır (EK-A). Seçilen örneklemelere ilişkin standart Shewhart kontrol grafiklerinin uygulanmasında aritmetik ortalama ($\bar{x}$), değişim aralığı (R) grafikleri birlikte incelenmiş ve kontrol sınırlarını aşan herhangi bir kalite karakteristiğinin olup olmadığı araştırılmıştır. Yongalevhaların mekanik özelliklerdeki küçük çaplı kaymaları hızlı bir şekilde tespit edebilmek için kullanılan CUSUM kontrol grafiklerinin hazırlanmasında ise V maskesi prosedürü uygulanmış ve proses ortalamasındaki $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık kaymalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bunun için 42 örnek alma dönemine ait her bir örnek büyüklüğü için ortalama değerleri bulunmuş ve örneklem değerlerinden

hedef değerin sapmalarının farkının kümülatif toplamı belirlenmiştir. Daha sonra bu değerler süreçte, hedeflenen değerden pozitif ve negatif yönde kaymaları araştırmak için V maskesi üzerine işlenmiştir. V maskesinin hazırlanmasında bilgisayar programından yararlanılmıştır ancak V maskesi orta çizgi ile kol arasındaki θ açısının nasıl bulunduğu her bir kalite karakteristiği için ayrı ayrı anlatılmıştır. Yine prosesin istenilen zamandaki seviyesini belirlemek ve proses ortalamasında meydana gelebilecek küçük çaptaki sapmaları tespit edebilmek için kullanılan, Shewhart grafiklerinin bir başka alternatifi, EWMA diyagramları da bu dört özellik içinde hazırlanmış ve değerlendirilmiştir.

Yongalevhalarla ait elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci ve yüzey sağlamlığı kontrol diyagramlarının hazırlanmasından sonra her bir kalite karakteristiği için ayrı ayrı YSA modeli uygulanmış ve gelecekte alabileceği aritmetik ortalama değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin işlemi için Mayıs, Haziran ve Temmuz 2016 ayları arasındaki her bir mekanik özelliğe ait toplam 65'er adet ortalama kullanılmıştır (EK-B). Bu verilerden % 70'i eğitim, % 15'i doğrulama ve % 15'i test için ayrılmıştır.

Tahmin için en uygun YSA modeli olarak, Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) kullanılmıştır. Literatürde yaygın bir şekilde kullanılan ÇKA, dışarıdan verileri alan girdi katmanından, ağın çıktıları dışarıya veren çıktı katmanından ve bu ikisi arasında yer alan en az bir gizli katmandan meydana gelmektedir (Hamzaçebi, 2008; Akcan ve Kartal, 2011). ÇKA'lar katmanlar arasında tam bağlantı bulunan, ileri beslemeli ve danışmanlı olarak eğitilen ağlardır (Haykin, 1998; Beale vd., 2010). Çalışma kapsamında oluşturulan tüm modeller girdi katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmuş ve ileri beslemeli geriye yayılım gösteren YSA kullanılmıştır.

Levhanın mekanik özelliklerinin tahmininde kullanılacak girdi değişkenleri olarak tahmini yapılacak kalite değeri hariç diğer kalite karakteristikleri kullanılmıştır. Bunlara ek olarak zımpara kalınlık değerleri de girdi değişkeni olarak sisteme aktarılmıştır. Belirlenen bu değişkenler aynı zamanda YSA modelinin girdi katmanındaki nöron sayısını oluşturmuştur.

Yapılan çalışmalar tek gizli katmanın doğrusal olmayan karmaşık yapılı fonksiyon yaklaşımlarında istenilen herhangi bir doğruluk derecesinde başarılı sonuçlar verdiğini

göstermiştir. Katman sayısı araştırmacının problem yapısına göre değişebilir ancak birçok araştırmacı geleceği tahmin için kurdukları ağda tek gizli katman kullanmayı tercih etmişlerdir (Cybenko,1989; Hornik vd., 1989; Hamzaçebi, 2005). Bu nedenle bu çalışmada da gizli katman sayısının 1 olarak alınması uygun görülmüştür. Gizli katmandaki nöron sayısının belirlenmesinde ise sabit bir kural yoktur. Genel olarak gizli nöron sayısının düşük tutulması ağda öğrenme problemi çıkarabilmekte, yüksek tutulması ise ağın öğrenme yerine ezberlemesine sebep olabilmektedir. Bu sebeple modellerdeki gizli nöron sayısını belirlemek amacıyla 1-10 arasında denemeler yapılmış ve en iyi sonuç 8 olarak bulunmuştur.

Çıktı nöronu ise çalışılan probleme doğrudan bağlı olduğu için tahmin problemlerinde tahmini yapılacak bağımlı değişken sayısına eşit olarak alınmaktadır. Aktivasyon fonksiyonu olarak ise YSA’da en çok kullanılan sigmoid aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir.

YSA modeli için katmanlardaki nöron sayıları belirlendikten sonra bağımlı ve bağımsız değişkenler sistem içerisinde kullanılabilmesi için normalizasyon işleminden geçirilmiştir. Normalizasyon işleminde literatürde yaygın kullanılan Min-Max normalizasyonundan yani 0 ile 1 aralığına doğrusal dönüşüm formülünden yararlanılmıştır (Eşitlik 46).

$$X_n = \frac{X_0 - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (46)$$

Normalizasyon işleminden sonra veriler programa aktarılmış ve en önemli aşamalardan biri olan ağın eğitime başlanmıştır. Bu aşamada veriler ağa sunulmuş ve ağın öğrenmesi sağlanmıştır

Kurulacak olan modelin optimum sonuç vermesi için çevrim sayısı 1000’de sabit tutularak her bir model için 0,1-0,9 değerleri arasında 81 farklı varyasyon denenmiş ve en uygun momentum ve öğrenme katsayı değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra test ve doğrulama işlemleri yapılarak tahmin işlemine geçilmiştir.

Tahmin aşamasında girdi katmanında kullanılan bağımsız değişkenlerin gelecekte alacağı değerlerin bilinmesi gerektiği için ilk olarak bu değerler ARIMA (box jenkins) yöntemi ile tahmin edilerek yeniden normalizasyona tabi tutulmuş ve geleceğe ait kalite değerleri tahmin edilmiştir.

Çalışmada performans ölçütü olarak Ortalama Hata Kareleri (MSE), Ortalama Mutlak Sapma (MAD) ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE) kullanılmıştır (Eşitlik 47, 48, 49). Bunlar literatürde sıklıkla kullanılan ölçütler olup her bir ölçütün kendine göre kısıtlamaları olduğu için, herhangi bir problemin çözümünde birden fazla performans ölçütü kullanılabilmektedir (Gentry vd., 1995).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (47)$$

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (48)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}}{n} \times 100 \quad (49)$$

Burada;

y_i = Gerçek gözlem değerleri,

$\hat{y}_i$ = Tahmin edilen değerler,

n = Tahmin sayısıdır.

MSE, hataların karelerini alarak pozitif değer elde etmekte, bunları topladıktan sonra ortalamalarını almaktadır. Hataların birbirlerini yok etmemesi için benzer bir düşünce MAD de kullanılmaktadır. MAD, her bir hata değerini pozitif yapmak için hatanın mutlak değerini almakta, bunları toplamakta ve ortalamasını almaktadır. MAD ile hatalar daha kolay ifade edilebilme yeteneğine sahiptir. MSE de aynı yeteneğe sahiptir ve istatistiksel

hesaplamalarda sıkça kullanılmaktadır. MAPE ise yüzdelik hataların mutlak değerleri toplamalarının ortalamasını almaktadır. MAPE de hata değerleri birbirlerini yok etmemekte ve tahminde oluşan tüm hata büyüklükleri kendilerini gösterebilmektedirler. Bu yüzden MAPE ölçüsü daha sık olarak hata ölçümleri için kullanılmaktadırlar. Literatürde MAPE değerleri % 10'un altında olan modeller “çok iyi”, % 10 ile % 20 arasında olan modeller “iyi”, % 20 ile % 50 arasında olan modeller “kabul edilebilir” ve % 50'nin üzerinde olan modeller ise “yanlış ve hatalı” olarak sınıflandırılmıştır (Lewis, 1982; Witt ve Witt, 1992; Çuhadar vd., 2009; Zeren ve Ergüzel, 2014; Karahan, 2015).



BÖLÜM 3

BULGULAR

Çalışmada elde edilen bulgular, çalışma kapsamında iki farklı yöntemin kullanılmış olmasından dolayı iki bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde kontrol kartlarına ait bulgular, ikinci bölümde ise YSA'ya ait bulgular yer almaktadır.

3.1 Kontrol Kartlarına Ait Bulgular

Yongalevhanın bazı mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla, 2016 tarihinde Şubat, Mart ve Nisan aylarında alınan örnek büyüklüğü 6 (vida tutma direnci için 3) olan 42 adet örnek ile çekme direnci, elastikiyet modülü, yüzey sağlamlığı ve vida tutma direnci değerlerine ait Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol kartları kullanılmış ve bunlara ait kontrol diyagramları hazırlanmıştır.

3.1.1 Değişkenler İçin Shewhart Kontrol Grafiklerinin Analizi

Nicel değişkenler için hazırlanan Shewhart kontrol grafiklerinin $(\bar{x} - R)$ veya $(\bar{x} - s)$ kontrol grafikleri şeklinde kullanıldığı ve bu iki grafik türünden hangisinin kullanılacağı ise örneklem hacmine bakılarak belirlendiği daha önce belirtilmişti. Montgomery (1991), örneklem hacminin 10'un altında olması durumunda $(\bar{x} - R)$ kontrol grafiklerinin, 10'a eşit ve üzerinde olması durumunda ise $(\bar{x} - s)$ kontrol grafiklerinin kullanılmasının daha uygun olacağını belirtmiştir. Bu nedenle çalışmada hem uygulama kolaylığı, hem de zaman açısından $(\bar{x} - R)$ kontrol grafiklerinin hazırlanması tercih edilmiştir.

3.1.1.1 Çekme Direnci Değerlerine Ait $(\bar{x})$ ve (R) Kontrol Grafikleri

Yongalevha çekme direnci için 2016 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında alınan her bir gözleme ait ölçüm değerleri ve bu ölçüm değerlerine göre elde edilen aritmetik ortalama $(\bar{x})$ ve değişim aralığı (R) değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Şubat-Mart-Nisan aylarına ait çekme direnci ölçüm değerleri.

ÇEKME DİRENCİ DEĞERLERİ (N/mm ²) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)									
No	TARİH	PARÇA NO						$\bar{x}$	R
		X1	X2	X3	X4	X5	X6		
1	13 ŞUBAT	0,4640233	0,3844851	0,3944491	0,3868248	0,3397233	0,4282374	0,399624	0,124300
2	13 ŞUBAT	0,3707446	0,3925816	0,410135	0,4920379	0,4608871	0,4374502	0,427306	0,121293
3	13 ŞUBAT	0,398400	0,4409639	0,400000	0,3794769	0,4088353	0,3570281	0,397451	0,083936
4	14 ŞUBAT	0,3496585	0,4375254	0,450159	0,4310108	0,4169625	0,3866283	0,411991	0,100501
5	14 ŞUBAT	0,4356367	0,4554347	0,3956286	0,343536	0,4284569	0,415106	0,412300	0,111899
6	14 ŞUBAT	0,4210736	0,3700000	0,4665394	0,438477	0,4277091	0,3836327	0,417905	0,096539
7	15 ŞUBAT	0,3251116	0,3776971	0,4002499	0,3351279	0,3446989	0,3438922	0,354463	0,075138
8	17 ŞUBAT	0,420000	0,450000	0,420000	0,340000	0,410000	0,420000	0,410000	0,110000
9	17 ŞUBAT	0,4776021	0,444664	0,4874051	0,4301556	0,4497616	0,401923	0,448585	0,085482
10	17 ŞUBAT	0,5114979	0,4545171	0,4347198	0,5078626	0,462342	0,4109546	0,463649	0,100543
11	18 ŞUBAT	0,4453489	0,3745245	0,4201795	0,4350137	0,4133368	0,4098749	0,416380	0,070824
12	18 ŞUBAT	0,433002	0,4238569	0,3976143	0,4420582	0,473600	0,3548931	0,420837	0,118707
13	18 ŞUBAT	0,4659726	0,3979251	0,4060769	0,374884	0,4428904	0,4498803	0,422938	0,091089
14	19 ŞUBAT	0,3648742	0,4003968	0,4605868	0,4332017	0,3794769	0,3916063	0,405024	0,095713
15	25 ŞUBAT	0,5224127	0,4425826	0,4735009	0,4634227	0,4655286	0,474545	0,473665	0,079830
16	25 ŞUBAT	0,5084616	0,4138156	0,3712415	0,4036307	0,4314516	0,4493782	0,429663	0,137220
17	25 ŞUBAT	0,5153967	0,4219174	0,4884521	0,4892586	0,4557914	0,4918929	0,477118	0,093479
18	26 ŞUBAT	0,4867211	0,406327	0,3722178	0,4433364	0,3812913	0,3849947	0,412481	0,114503
19	26 ŞUBAT	0,3817415	0,3699428	0,4204017	0,4441767	0,4910752	0,5104777	0,436303	0,140535
20	13 MART	0,557690	0,431673	0,490619	0,477689	0,398843	0,460723	0,469540	0,158847
21	14 MART	0,532016	0,427668	0,528063	0,468515	0,532029	0,365606	0,475650	0,166423
22	14 MART	0,425686	0,413546	0,433342	0,401984	0,482152	0,444664	0,433562	0,080168
23	14 MART	0,441499	0,448092	0,397561	0,499165	0,468135	0,452458	0,451152	0,101604
24	15 MART	0,357831	0,379518	0,371888	0,366667	0,404418	0,414458	0,382463	0,056627
25	15 MART	0,344150	0,351889	0,302982	0,389662	0,359841	0,421471	0,361666	0,118489
26	15 MART	0,435458	0,445649	0,444201	0,490517	0,464152	0,418507	0,449747	0,07201
27	19 MART	0,442652	0,397980	0,433142	0,451105	0,470171	0,432892	0,437990	0,072191
28	20 MART	0,424498	0,399992	0,390948	0,439262	0,434845	0,417357	0,417817	0,048314
29	20 MART	0,495951	0,492742	0,515556	0,436290	0,389879	0,381855	0,452046	0,133701
30	20 MART	0,469062	0,417800	0,467451	0,425087	0,422626	0,452516	0,442424	0,051262
31	21 MART	0,439835	0,482739	0,372065	0,437898	0,402806	0,414402	0,424958	0,110674
32	21 MART	0,429595	0,443789	0,394603	0,452922	0,450893	0,429602	0,433567	0,058319
33	25 NİSAN	0,439835	0,482739	0,372065	0,437898	0,402806	0,414402	0,424958	0,110674
34	25 NİSAN	0,565494	0,513009	0,489338	0,560383	0,557999	0,493600	0,529971	0,076156
35	25 NİSAN	0,466926	0,512352	0,610924	0,584192	0,520396	0,465982	0,526795	0,144942
36	26 NİSAN	0,515665	0,472741	0,441604	0,440067	0,471626	0,435141	0,462807	0,080524
37	27 NİSAN	0,423143	0,452916	0,49209	0,477007	0,556987	0,550373	0,492086	0,133844
38	27 NİSAN	0,546495	0,496276	0,436624	0,530715	0,506071	0,526797	0,507163	0,109871
39	29 NİSAN	0,417187	0,471006	0,444158	0,486545	0,497570	0,482100	0,466428	0,080383
40	30 NİSAN	0,477508	0,441122	0,478311	0,423020	0,463175	0,513390	0,466088	0,09037
41	30 NİSAN	0,511423	0,432102	0,426754	0,531443	0,546191	0,475654	0,487261	0,119437
42	30 NİSAN	0,45465	0,418418	0,423979	0,393635	0,429654	0,450699	0,428506	0,061015
$\bar{\bar{x}} = 0,439579$					$\bar{\bar{R}} = 0,0997$				

Shewhart kontrol grafiklerine ait aritmetik ortalama ve değişim aralığı grafiklerini çizebilmek amacıyla Tablo 5'deki verilerden yola çıkılarak $\bar{\bar{x}}$ ve $\bar{\bar{R}}$ grafiğinin merkezi değerleri bulunmuştur. Buna göre $\bar{\bar{R}}$ grafiğinin merkezi değeri;

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{4,187377}{42} = 0,0997$$

şeklinde elde edilir. Örnek büyüklükleri 6 olduğu için EK-C’ deki tablo değerlerinden D_3 ve D_4 ’ün değerleri bulunur ($D_3=0$, $D_4=2,004$). Böylece R grafiğinin kontrol sınırları;

$$\bar{UDS} = \bar{R}D_4 = 0,0997 \times 2,004 = 0,1998$$

$$MD = \bar{R} = 0,0997$$

$$ADS = \bar{R}D_3 = 0,0997 \times 0 = 0$$

şeklinde elde edilir. $\bar{x}$ grafiğinin merkezi değeri ise;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{18,46233}{42} = 0,439579$$

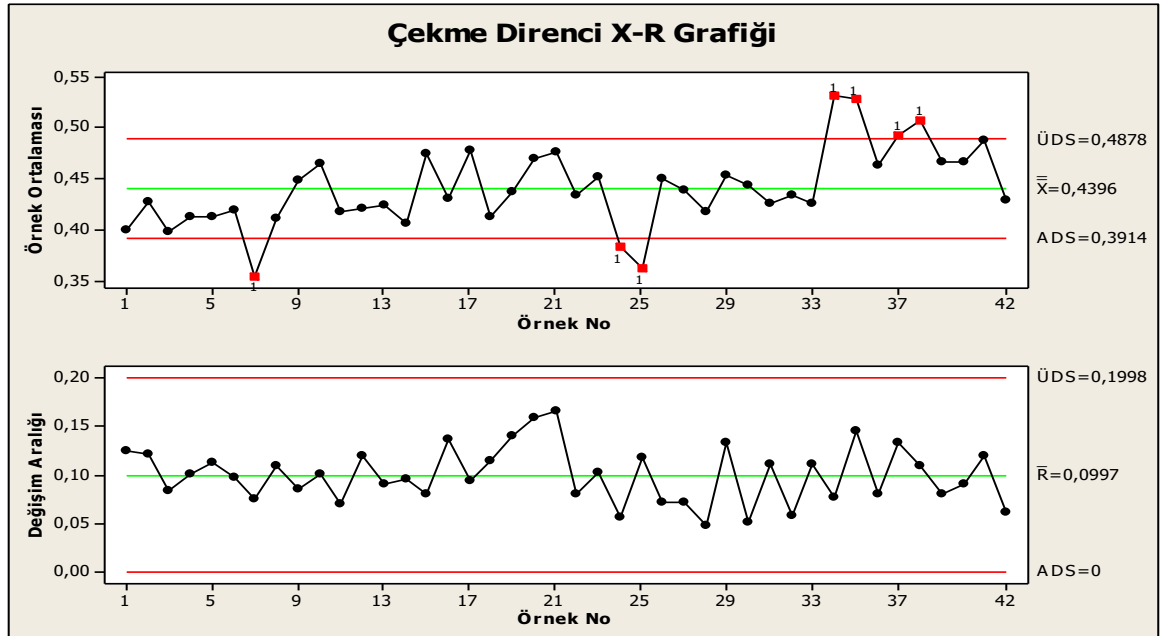
şeklindedir. Daha sonra örnek büyüklüğü 6’ya göre EK-C’ deki tablo değerlerinden A_2 ’nin değeri bulunur ($A_2=0,483$). $\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları ise;

$$\bar{UDS} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 0,439579 + 0,483 \times 0,0997 = 0,4878$$

$$MD = \bar{\bar{x}} = 0,439579$$

$$ADS = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 0,439579 - 0,483 \times 0,0997 = 0,3914$$

şeklinde olur.



Şekil 14: Çekme direnci değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.

Şekil 14'te çekme direnci değerlerine ait aritmetik ortalama ($\bar{x}$) ve değişim aralığı (R) kontrol grafikleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde çekme direnci değerlerine ait $\bar{x}$ grafiğinin kontrol dışı sinyal verdiği görülmektedir. Ayrıca değerler sadece orta çizgi üzerinde dağılmamış, kararsız bir trend sergilemiştir. $\bar{x}$ grafiğinde 7, 24 ve 25. noktaların alt kontrol sınırlarını aşması prosesin kontrol dışında olduğunu gösterir (Kontrol dışı sinyal veren noktalar ileriki aşamalarda çizilen diğer kontrol grafikleriyle birlikte karşılaştırılarak hata nedenleri incelenmiştir). Yine $\bar{x}$ grafiğinde 34, 35, 37 ve 38. değerlerin ise üst kontrol sınırlarını aştığı görülmektedir. Bu durum işletme açısından arzu edilen bir sonuç olarak görüldüğü için üzerinde durulmamıştır. Çekme direnci değerlerine ait R grafiği incelendiğinde ise kontrol dışına taşan herhangi bir değer olmadığı görülmektedir. Noktalar merkezi değer etrafında dalgalanmaktadır.

3.1.1.2 Elastikiyet Modülü Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri

Yongalevha elastikiyet modülü için 2016 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında alınan her bir gözleme ait ölçüm değerleri ve bu ölçüm değerlerine göre elde edilen aritmetik ortalama ($\bar{x}$) ve değişim aralığı (R) değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Şubat-Mart-Nisan aylarına ait elastikiyet modülü ölçüm değerleri.

ELASTİKİYET MODÜLÜ DEĞERLERİ (N/mm ²) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)									
N o	TARİH	PARÇA NO						$\bar{x}$	R
		X1	X2	X3	X4	X5	X6		
1	13 ŞUBAT	2795	2839	2544	2659	2450	2450	2622,833	389
2	13 ŞUBAT	2496	2871	2687	2409	2429	2370	2543,667	501
3	13 ŞUBAT	2639	2612	2583	2394	2149	2344	2453,500	490
4	14 ŞUBAT	2631	3045	2277	2570	2330	2656	2584,833	768
5	14 ŞUBAT	2746	2696	2700	2474	2211	2495	2553,667	535
6	14 ŞUBAT	2390	2633	2208	2456	2492	2302	2413,500	425
7	15 ŞUBAT	2292	2605	2187	2190	2708	2023	2334,167	685
8	17 ŞUBAT	2779	2835	2654	2408	2475	2427	2596,333	427
9	17 ŞUBAT	2662	2742	2501	2467	2360	2325	2509,500	417
10	17 ŞUBAT	2793	2622	2220	2463	2365	2543	2501,000	573
11	18 ŞUBAT	2685	2969	2626	2515	2481	2426	2617,000	543
12	18 ŞUBAT	2546	2553	2573	2249	2013	2218	2358,667	560
13	18 ŞUBAT	2523	2695	2527	2418	2798	2604	2594,167	380
14	19 ŞUBAT	2467	2814	2350	2360	2638	2308	2489,500	506
15	25 ŞUBAT	2750	2894	2662	2510	2591	2463	2645,000	431
16	25 ŞUBAT	2592	2707	2523	2669	2243	2343	2512,833	464
17	25 ŞUBAT	2811	2818	2885	2632	2602	2732	2746,667	283
18	26 ŞUBAT	2822	2603	2965	2671	2315	2378	2625,667	650
19	26 ŞUBAT	2533	2539	2661	2584	2286	2464	2511,167	375
20	13 MART	2589	2726	2406	2515	2359	2262	2476,167	464
21	14 MART	2837	2810	2533	2470	2459	2495	2600,667	378
22	14 MART	2478	2855	2542	2324	2422	2392	2502,167	531
23	14 MART	2303	2126	2165	2452	2058	2164	2211,333	394
24	15 MART	2423	2584	2606	2336	2240	2318	2417,833	366
25	15 MART	2904	2386	2523	2269	2518	2574	2529,000	635
26	15 MART	2744	3213	2831	2720	2762	2598	2811,333	615
27	19 MART	2854	2894	2714	2780	2625	2419	2714,333	475
28	20 MART	2956	2785	2718	2729	2614	2503	2717,500	453
29	20 MART	2487	2953	2569	2531	2612	2227	2563,167	726
30	20 MART	2449	2566	2765	2662	2478	2592	2585,333	316
31	21 MART	2632	2892	2653	2547	2563	2275	2593,667	617
32	21 MART	2598	2404	2432	2370	2272	2182	2376,333	416
33	25 NİSAN	2632	2892	2653	2547	2563	2275	2593,667	617
34	25 NİSAN	2604	2688	2476	2710	2461	2391	2555,000	319
35	25 NİSAN	2289	3036	2530	2406	2556	2440	2542,833	747
36	26 NİSAN	2488	2960	2485	2570	2571	2391	2577,500	569
37	27 NİSAN	2558	2563	2932	2530	2218	2517	2553,000	714
38	27 NİSAN	2706	2907	2839	2701	2316	2692	2693,500	591
39	29 NİSAN	2739	3016	3063	2838	2560	2752	2828,000	503
40	30 NİSAN	2574	2833	2676	2586	2465	2543	2612,833	368
41	30 NİSAN	2485	2634	2695	2757	2289	2610	2578,333	468
42	30 NİSAN	2488	2824	2967	2336	2403	2432	2575,000	631
$\bar{\bar{x}} = 2557,7$					$\bar{R} = 507,5$				

Elastikiyet modülü değerlerine ait aritmetik ortalama ve değişim aralığı grafiklerini çizebilmek amacıyla Tablo 6'daki verilerden yola çıkılarak $\bar{x}$ ve R grafiğinin merkezi değerleri bulunmuştur. Buna göre R grafiğinin merkezi değeri;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{21315}{42} = 507,5$$

şeklinde elde edilir. Örnek büyüklükleri 6 olduğu için EK-C' deki tablo değerlerinden D_3 ve D_4 'ün değerleri bulunur ($D_3=0$, $D_4=2,004$). Böylece R grafiğinin kontrol sınırları;

$$\bar{U}DS = \bar{R}D_4 = 507,5 \times 2,004 = 1017$$

$$MD = \bar{R} = 507,5$$

$$ADS = \bar{R}D_3 = 507,5 \times 0 = 0$$

şeklinde bulunur. $\bar{x}$ grafiğinin merkezi değeri ise;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{107422,2}{42} = 2557,7$$

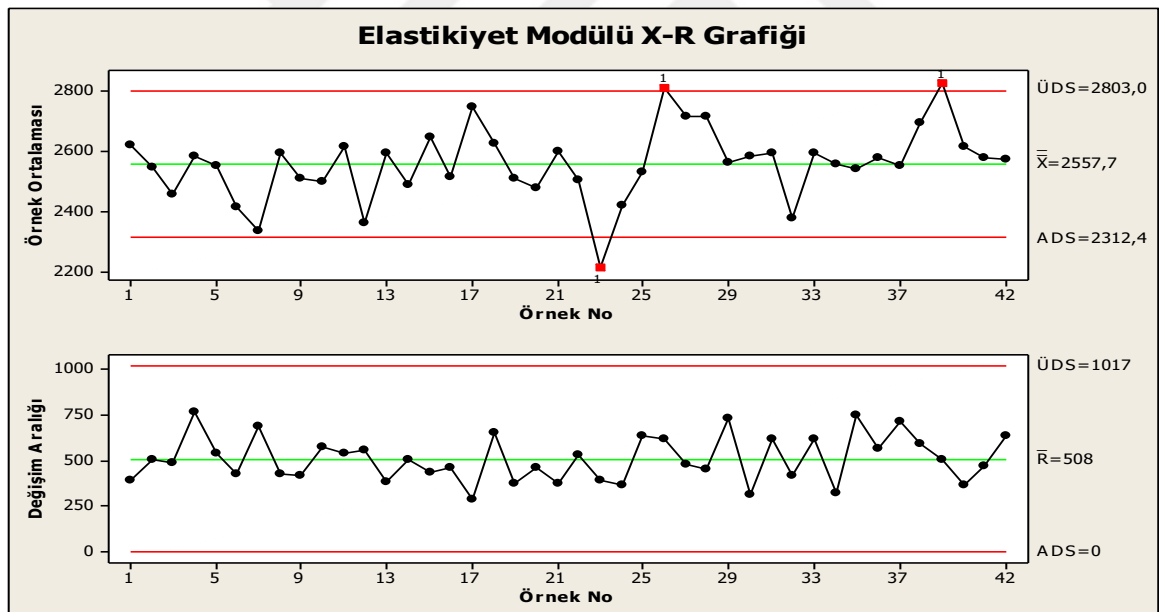
şeklindedir. Daha sonra örnek büyüklüğü 6'ya göre EK-C' deki tablo değerlerinden A_2 'nin değeri bulunur ($A_2=0,483$). $\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları ise;

$$\bar{U}DS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 2557,7 + 0,483 \times 507,5 = 2802,8$$

$$MD = \bar{\bar{x}} = 2557,7$$

$$ADS = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 2557,7 - 0,483 \times 507,5 = 2312,4$$

şeklinde olur.



Şekil 15: Elastikiyet modülü değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.

Şekil 15'teki elastikiyet modülü değerlerine ait $\bar{x}$ grafiği incelendiğinde 23 numaralı örneğin ADS'yi aştığı, 7 numaralı örneğin de ADS'ye dikkat çekecek kadar yaklaştığı görülmektedir. Bu durum elastikiyet modülü $\bar{x}$ grafiğinin kontrol dışı sinyal verdiğini göstermektedir. 26 ve 39. örnekler ise $\bar{U}DS$ 'yi aşmıştır. Ancak elastikiyet modülü değerlerinin yüksek olması istenen bir durum olduğu için bir problem olarak

değerlendirilmemiştir. Değişim aralığı grafikleri incelendiğinde ise değerlerin orta nokta etrafında dalgalandığı görülmektedir.

3.1.1.3 Yüzey Sağlamlığı Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri

Yongalevha yüzey sağlamlığı için 2016 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında alınan her bir gözleme ait ölçüm değerleri ve bu ölçüm değerlerine göre elde edilen aritmetik ortalama ($\bar{x}$) ve değişim aralığı (R) değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Şubat-Mart-Nisan aylarına ait yüzey sağlamlığı ölçüm değerleri.

YÜZEY SAĞLAMLIĞI DEĞERLERİ (N/mm ²) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)									
No	TARİH	PARÇA NO						$\bar{x}$	R
		X1	X2	X3	X4	X5	X6		
1	13 ŞUBAT	0,955	0,913	0,989	1,020	0,657	0,958	0,915333	0,363
2	13 ŞUBAT	0,968	0,604	1,051	1,115	1,148	0,890	0,962667	0,544
3	13 ŞUBAT	0,675	0,945	1,093	1,106	1,102	1,072	0,998833	0,431
4	14 ŞUBAT	1,066	1,150	1,060	1,145	1,272	0,718	1,0685	0,554
5	14 ŞUBAT	1,059	1,247	0,911	1,081	1,059	0,945	1,050333	0,336
6	14 ŞUBAT	0,964	1,117	1,090	1,159	1,006	1,038	1,062333	0,195
7	15 ŞUBAT	0,821	1,063	0,999	0,912	0,895	0,801	0,915167	0,262
8	17 ŞUBAT	0,957	1,028	1,069	1,039	1,050	0,835	0,996333	0,234
9	17 ŞUBAT	0,726	0,927	1,063	1,165	1,057	0,827	0,960833	0,439
10	17 ŞUBAT	1,231	1,289	1,167	1,117	1,109	1,082	1,165833	0,207
11	18 ŞUBAT	0,940	1,144	1,180	0,912	0,703	0,989	0,978	0,477
12	18 ŞUBAT	1,050	0,989	0,578	1,107	1,185	1,184	1,0155	0,607
13	18 ŞUBAT	1,164	0,862	1,078	0,905	0,985	0,584	0,929667	0,58
14	19 ŞUBAT	0,976	0,681	0,988	1,050	0,885	0,793	0,8955	0,369
15	25 ŞUBAT	1,156	0,999	1,183	1,144	1,212	1,174	1,144667	0,213
16	25 ŞUBAT	1,106	1,145	0,675	1,053	1,096	1,178	1,042167	0,503
17	25 ŞUBAT	1,251	0,893	1,268	1,031	1,139	1,043	1,104167	0,375
18	26 ŞUBAT	1,014	1,116	0,917	0,868	0,932	1,220	1,011167	0,352
19	26 ŞUBAT	0,764	1,042	0,935	1,110	1,076	1,164	1,015167	0,400
20	13 MART	0,985	1,100	0,971	1,377	1,302	1,203	1,156333	0,406
21	14 MART	1,049	0,923	1,172	0,722	0,875	1,032	0,962167	0,45
22	14 MART	1,149	1,055	1,131	1,184	1,262	1,146	1,1545	0,207
23	14 MART	1,003	0,916	1,042	0,553	0,982	0,851	0,891167	0,489
24	15 MART	0,883	1,058	1,148	0,868	0,973	0,998	0,988	0,28
25	15 MART	0,935	0,916	0,991	0,776	1,093	1,165	0,979333	0,389
26	15 MART	1,164	1,047	1,264	1,269	1,069	1,311	1,187333	0,264
27	19 MART	0,972	0,777	1,062	1,062	0,914	0,744	0,921833	0,318
28	20 MART	1,018	0,878	0,814	0,951	0,973	0,985	0,9365	0,204
29	20 MART	0,959	1,064	0,988	1,033	1,131	1,138	1,052167	0,179
30	20 MART	0,915	0,846	0,835	1,016	0,957	0,972	0,9235	0,181
31	21 MART	1,105	1,006	0,981	0,965	0,748	0,851	0,942667	0,357
32	21 MART	0,975	1,004	1,103	1,191	1,023	1,059	1,059167	0,216
33	25 NİSAN	1,105	1,006	0,981	0,965	0,748	0,851	0,942667	0,357
34	25 NİSAN	1,436	1,310	1,377	1,271	1,495	1,261	1,358333	0,234
35	25 NİSAN	1,407	1,252	1,279	1,219	1,215	1,128	1,250	0,279
36	26 NİSAN	1,366	1,237	1,396	1,395	1,208	1,304	1,317667	0,188
37	27 NİSAN	1,186	1,213	1,04	1,015	1,051	1,131	1,106	0,198
38	27 NİSAN	1,534	1,261	1,334	1,432	1,203	0,944	1,284667	0,59
39	29 NİSAN	1,129	1,155	0,978	0,790	1,142	1,173	1,061167	0,383
40	30 NİSAN	1,083	0,98	1,086	0,738	1,195	0,974	1,009333	0,457
41	30 NİSAN	1,204	1,053	0,854	1,107	1,043	1,070	1,055167	0,350
42	30 NİSAN	1,156	1,035	0,912	1,006	1,093	1,148	1,058333	0,244
$\bar{\bar{x}} = 1.0436$						$\bar{R} = 0,3491$			

Yüzey sağlamlığı değerlerine ait aritmetik ortalama ve değişim aralığı grafiklerini çizebilmek amacıyla Tablo 7'deki verilerden yola çıkılarak $\bar{x}$ ve R grafiğinin merkezi değerleri bulunmuştur. Buna göre R grafiğinin merkezi değeri;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{14,661}{42} = 0,3491$$

şeklinde elde edilir. Örnek büyüklükleri 6 olduğu için EK-C' deki tablo değerlerinden D_3 ve D_4 'ün değerleri bulunur ($D_3=0$, $D_4=2,004$). Böylece R grafiğinin kontrol sınırları;

$$\bar{UDS} = \bar{R}D_4 = 0,3491 \times 2,004 = 0,6995$$

$$MD = \bar{R} = 0,3491$$

$$ADS = \bar{R}D_3 = 0,3491 \times 0 = 0$$

şeklinde bulunur. $\bar{x}$ grafiğinin merkezi değeri ise;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{43,8302}{42} = 1,0436$$

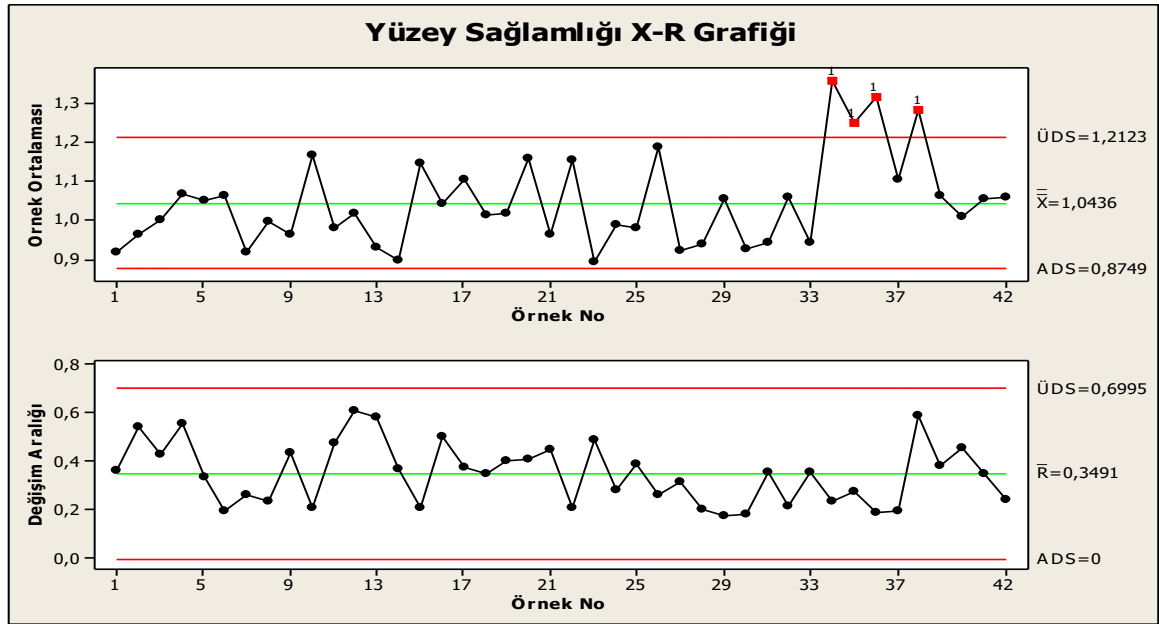
şeklindedir. Daha sonra örnek büyüklüğü 6'ya göre EK-C' deki tablo değerlerinden A_2 'nin değeri bulunur ($A_2=0,483$). $\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları ise;

$$\bar{UDS} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 1,0436 + 0,483 \times 0,3491 = 1,2123$$

$$MD = \bar{\bar{x}} = 1,0436$$

$$ADS = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 1,0436 - 0,483 \times 0,3491 = 0,8749$$

şeklinde olur.



Şekil 16: Yüzey sağlamlığı değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.

Şekil 16 incelendiğinde yüzey sağlamlığı değerlerine ait $\bar{x}$ grafiğinde kontrol dışı sinyal veren noktalar olduğu ve 34, 35, 36 ve 38. değerlerin üst kontrol sınırlarını aştığı görülmektedir. Ancak yüzey sağlamlığının yüksek olması işletme açısından arzu edilen bir sonuçtur. Bu nedenle yüzey sağlamlığına ait aritmetik ortalama değerlerinde herhangi bir problem olmadığı söylenebilir. Fakat çekme direnci $\bar{x}$ grafiğinde kontrol dışı sinyal veren bazı noktaların yüzey sağlamlığı grafiğinde de alt sınıra yaklaştığı görülmektedir. Bunun için işletmede örneklerin alındığı bu dönemlerin incelenmesi gerekmektedir. Yüzey sağlamlığı değerlerine ait R grafiğine bakıldığında ise kontrol dışına taşan herhangi bir değer olmadığı, noktaların merkezi değer etrafında dalgalandığı görülmektedir.

3.1.1.4 Vida Tutma Direnci Değerlerine Ait ($\bar{x}$) ve (R) Kontrol Grafikleri

Yongalevha vida tutma direnci için 2016 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında alınan her bir gözleme ait ölçüm değerleri ve bu ölçüm değerlerine göre elde edilen aritmetik ortalama ($\bar{x}$) ve değişim aralığı (R) değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Şubat-Mart-Nisan aylarına ait vida tutma direnci ölçüm değerleri.

VİDA TUTMA DİRENCİ DEĞERLERİ (Newton) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)						
No	TARİH	PARÇA NO			$\bar{x}$	R
		X1	X2	X3		
1	13 ŞUBAT	625	688	692	668,3	67
2	13 ŞUBAT	608	642	669	639,7	61
3	13 ŞUBAT	837	747	744	776	93
4	14 ŞUBAT	739	838	732	769,7	106
5	14 ŞUBAT	824	546	708	692,7	278
6	14 ŞUBAT	820	759	761	780	61
7	15 ŞUBAT	650	674	569	631	105
8	17 ŞUBAT	786	771	807	788	36
9	17 ŞUBAT	686	697	728	703,7	42
10	17 ŞUBAT	852	1041	801	898	240
11	18 ŞUBAT	773	619	735	709	154
12	18 ŞUBAT	829	720	864	804,3	144
13	18 ŞUBAT	595	685	728	669,3	133
14	19 ŞUBAT	572	768	681	673,7	196
15	25 ŞUBAT	1002	855	825	894	177
16	25 ŞUBAT	766	687	746	733	79
17	25 ŞUBAT	792	623	959	791,3	336
18	26 ŞUBAT	891	705	796	797,3	186
19	26 ŞUBAT	626	660	926	737,3	300
20	13 MART	917	550	759	742	367
21	14 MART	915	712	799	808,7	203
22	14 MART	594	686	673	651	92
23	14 MART	678	784	720	727,3	106
24	15 MART	657	707	594	652,7	113
25	15 MART	829	766	674	756,3	155
26	15 MART	767	850	756	791	94
27	19 MART	837	742	793	790,7	95
28	20 MART	661	738	675	691,3	77
29	20 MART	824	840	846	836,7	22
30	20 MART	757	630	806	731	176
31	21 MART	764	717	649	710	115
32	21 MART	821	696	780	765,7	125
33	25 NİSAN	764	717	649	710	115
34	25 NİSAN	932	711	781	808	221
35	25 NİSAN	872	841	930	881	89
36	26 NİSAN	858	775	765	799,3	93
37	27 NİSAN	949	758	1027	911,3	269
38	27 NİSAN	872	682	921	825	239
39	29 NİSAN	811	843	876	843,3	65
40	30 NİSAN	872	674	818	788	198
41	30 NİSAN	710	857	782	783	147
42	30 NİSAN	606	622	799	675,7	193
$\bar{\bar{x}} = 757,98$				$\bar{R} = 146,7$		

Vida tutma direnci değerlerine ait aritmetik ortalama ve değişim aralığı grafiklerini çizibilmek amacıyla Tablo 8'deki verilerden yola çıkılarak $\bar{x}$ ve R grafiğinin merkezi değerleri bulunmuştur. Buna göre R grafiğinin merkezi değeri;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{6163}{42} = 146,74$$

şeklinde elde edilir. Örnek büyüklükleri 3 olduğu için EK-C’ deki tablo değerlerinden D_3 ve D_4 ’ün değerleri bulunur ($D_3=0$, $D_4=2,575$). Böylece R grafiğinin kontrol sınırları;

$$\bar{UDS} = \bar{R}D_4 = 146,74 \times 2,575 = 377,7$$

$$MD = \bar{R} = 146,74$$

$$ADS = \bar{R}D_3 = 146,74 \times 0 = 0$$

şeklinde bulunur. $\bar{x}$ grafiğinin merkezi değeri ise;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{31835,3}{42} = 757,98$$

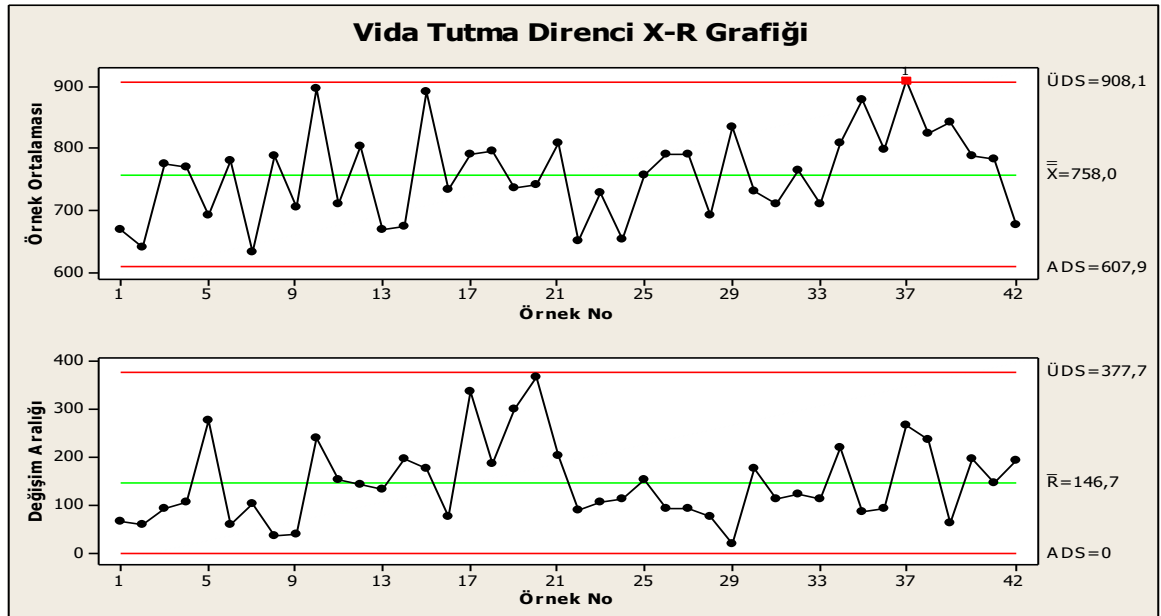
şeklindedir. Daha sonra örnek büyüklüğü 3’e göre EK-C’ deki tablo değerlerinden A_2 ’nin değeri bulunur ($A_2=1,023$). $\bar{x}$ grafiğinin kontrol sınırları ise;

$$\bar{UDS} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 757,98 + 1,023 \times 146,74 = 908,1$$

$$MD = \bar{\bar{x}} = 757,98$$

$$ADS = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 757,98 - 1,023 \times 146,74 = 607,9$$

şeklinde olur.



Şekil 17: Vida Tutma Direnci değerlerine ait $\bar{x}$ ve R kontrol grafikleri.

Vida tutma direncine ait $\bar{x}$ grafiği incelendiğinde sadece 37. örneğin üst kontrol limitini aştığı görülmektedir (Şekil 17). Direnç özelliklerinin yüksek olması istenen bir durum

olduğu için ÜDS'yi aşan bu nokta sorun olarak değerlendirilmemiştir. Ancak $\bar{x}$ grafiğinde 2 ve 7. noktaların alt kontrol limitine dikkat çekecek kadar yaklaştığı görülmektedir. R grafiği incelendiğinde ise kontrol dışı sinyal veren herhangi bir nokta görülmemektedir. Fakat 8, 9 ve 29 numaralı örnekler ADS'ye, 20 numaralı örnek ise ÜDS'ye çok yaklaşmıştır.

3.1.2 CUSUM Kontrol Grafiklerinin Analizi

Bu bölümde CUSUM değerlerinin kontrol dışı sinyal verip vermediğini tespit etmek için çizilecek olan V maskesinin parametrelerinin nasıl bulunduğu gösterilmiş ancak V maskesinin çizimi bilgisayar programı yardımıyla, karar aralığının bir ölçüsü olan h ve referans değeri olarak bilinen k parametrelerine bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu h ve k değerleri literatürde yaygın olarak kullanımı ve yüksek ARL performansları nedeniyle sırasıyla 4 ve $\frac{1}{2}$ olarak alınmıştır. Yongalevhaların mekanik özelliklerine ait $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık ayrılışları gösteren CUSUM kontrol grafikleri hazırlanmıştır.

3.1.2.1 Çekme Direnci CUSUM Kontrol Grafikleri

Tablo 9'da çekme direncine ait ölçüm değerleri, örnek ortalamaları, örnek ortalamasından sapmalar ve bu değerlere göre hesaplanmış birikimli CUSUM değerleri verilmiştir.

Tablo 9: Çekme direnci için hesaplanan CUSUM değerleri.

Çekme Direnci Değerleri (Şubat-Mart-Nisan Ayları)				
NO	TARİH	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	S_i
1	13 ŞUBAT	0,399624	-0,03996	-0,03996
2	13 ŞUBAT	0,427306	-0,01227	-0,05223
3	13 ŞUBAT	0,397451	-0,04213	-0,09436
4	14 ŞUBAT	0,411991	-0,02759	-0,12194
5	14 ŞUBAT	0,412300	-0,02728	-0,14922
6	14 ŞUBAT	0,417905	-0,02167	-0,17090
7	15 ŞUBAT	0,354463	-0,08512	-0,25601
8	17 ŞUBAT	0,410000	-0,02958	-0,28559
9	17 ŞUBAT	0,448585	0,009006	-0,27659
10	17 ŞUBAT	0,463649	0,02407	-0,25252
11	18 ŞUBAT	0,416380	-0,02320	-0,27572
12	18 ŞUBAT	0,420837	-0,01874	-0,29446
13	18 ŞUBAT	0,422938	-0,01664	-0,31110
14	19 ŞUBAT	0,405024	-0,03456	-0,34565
15	25 ŞUBAT	0,473665	0,034086	-0,31157
16	25 ŞUBAT	0,429663	-0,00992	-0,32148
17	25 ŞUBAT	0,477118	0,037539	-0,28394
18	26 ŞUBAT	0,412481	-0,02710	-0,31104
19	26 ŞUBAT	0,436303	-0,00328	-0,31432
20	13 MART	0,469540	0,029961	-0,28436
21	14 MART	0,475650	0,036071	-0,24829
22	14 MART	0,433562	-0,00602	-0,25430
23	14 MART	0,451152	0,011573	-0,24273
24	15 MART	0,382463	-0,05712	-0,29985
25	15 MART	0,361666	-0,07791	-0,37776
26	15 MART	0,449747	0,010168	-0,36759
27	19 MART	0,437990	-0,00159	-0,36918
28	20 MART	0,417817	-0,02176	-0,39094
29	20 MART	0,452046	0,012467	-0,37848
30	20 MART	0,442424	0,002845	-0,37563
31	21 MART	0,424958	-0,01462	-0,39025
32	21 MART	0,433567	-0,00601	-0,39626
33	25 NİSAN	0,424958	-0,01462	-0,41089
34	25 NİSAN	0,529971	0,090392	-0,32049
35	25 NİSAN	0,526795	0,087216	-0,23328
36	26 NİSAN	0,462807	0,023228	-0,21005
37	27 NİSAN	0,492086	0,052507	-0,15754
38	27 NİSAN	0,507163	0,067584	-0,08996
39	29 NİSAN	0,466428	0,026849	-0,06311
40	30 NİSAN	0,466088	0,026509	-0,03660
41	30 NİSAN	0,487261	0,047682	0,011082
42	30 NİSAN	0,428506	-0,01107	8,38E-06
$\bar{\bar{x}} = 0,439579$				

Buna göre CUSUM kontrol grafiğinin parametreleri: $S_i = i$ 'inci birikimli değer, $\bar{x}_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve $\bar{\bar{x}}$ 'da örneklem ortalaması olarak alınır;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{18,46233}{42} = 0,439579$$

$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})$ ve $S_i = (x_i - k) + S_{i-1}$ eşitlikleri yardımıyla S_i değerleri hesaplanır.

Aşağıda ilk iki örnek için S_i değerlerinin hesaplanması verilmiştir.

$$S_1 = \sum_{j=1}^1 (0,399624 - 0,439575) = -0,03996$$

$$S_2 = (0,427306 - 0,439575) + (-0,03996) = -0,05223$$

Eğer $\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterilirse, α ve β değerleri $\alpha=0,01$ ve $\beta=0,01$ şeklinde literatürde yaygın kullanılan seviyede tutulursa ve d değeri örnek büyüklüğü 6 olduğu için EK-C'deki tablo yardımıyla $d_2=2,534$ şeklinde alınırsa V maskesinin kollarının eğimini yani $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık ayrılışların kontrol dışı olup olmadığını veren V maskesinin parametreleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunur.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{4,187377}{42} = 0,0997$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,0997}{2,534} = 0,03934$$

0,5 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 0,5.(0,03934) = 0,0197$$

olarak hesaplanır. V maskesinin ucu ile V maskesinin üzerine yerleştirilecek örnek nokta arasındaki d uzunluğunu belirlemek için $\sigma_{\bar{x}}$ ile δ^2 değerlerinin bulunması gerekir. Böylece dağılımın standart hatası;

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,03934}{\sqrt{5}} = 0,01759$$

olarak bulunurken δ^2 değeri ise;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{0,0197}{0,01759} \right)^2 = 1,254$$

şeklinde belirlenir. d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{1,254} = 7,345$$

olarak hesaplanır. Ayrıca d uzunluğunun en uç kısmına değen V maskesinin yatay ekseninde yaptığı θ kadarlık açının bulunması gerekmektedir. Bu açığı bulmak için yukarıdaki bilgilere ek olarak A değerinin de bilinmesi gerekir. A değeri ise;

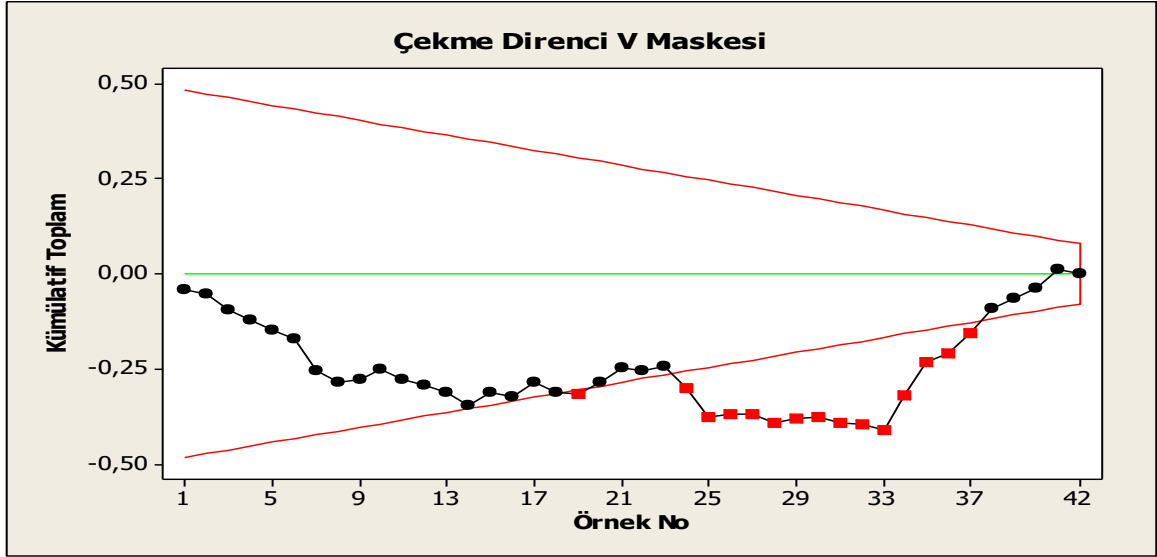
$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 2.(0,01759) = 0,03519$$

olarak hesaplanır. Böylece θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,0197}{2.(0,03519)}\right) = 15,637^\circ$$

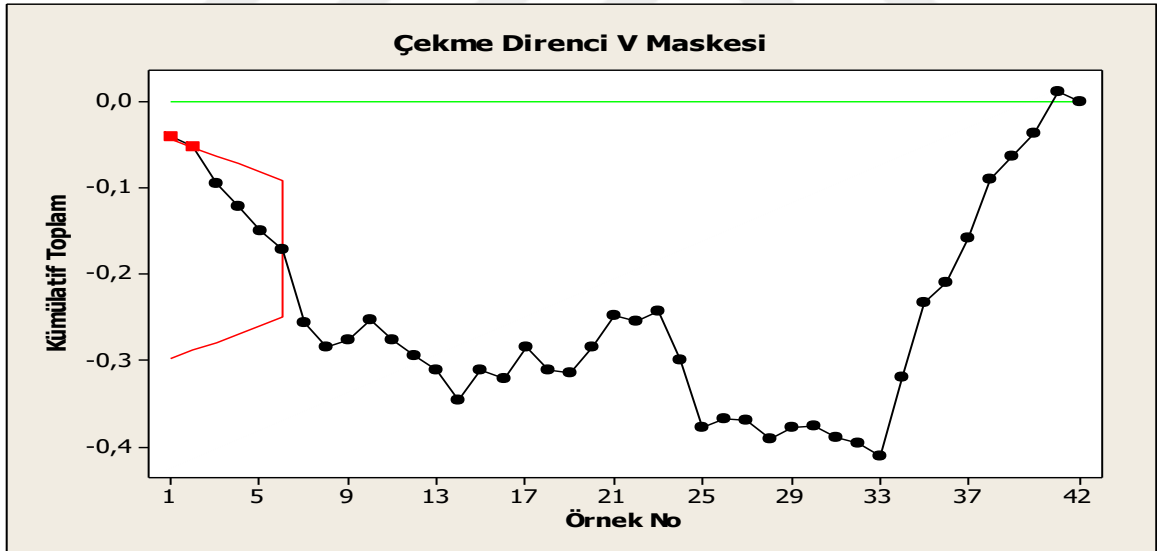
şeklinde belirlenir. Bu açı V maskesinin alt ve üst kollarının d uzunluğu ile yaptığı açığı göstermektedir.

Şekil 18’de çekme direncine ait 0,5 σ ’lık ayrılışların kontrol dışı sinyal verdiğini gösteren V maskeli CUSUM grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde CUSUM kontrol grafiğinin negatif yönde bir eğilim gösterdiği yani proses ortalamasının düştüğü daha sonra tekrar sıfırlandığı görülmektedir. Ayrıca V maskesi 42 numaralı örneğe yerleştirildiğinde 19 ve 24-37 arasındaki örneklerin kontrol dışına çıktığı görülmektedir. Bu durum proses ortalamasının zamanla değişmiş olduğu anlamına gelmektedir. Proses ortalamasının hangi örnekten sonra değiştiğini veya kontrol dışına çıktığını belirlemek amacıyla V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle Şekil 19’daki kontrol grafiği elde edilmiştir.



Şekil 18: Çekme direnci değerlerine ait 0,5 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

Şekil 19'a bakıldığında prosesin ilk örnekten itibaren kontrol dışına çıktığı yani proses ortalamasının 1. örnekten itibaren değişmiş olduğu görülmektedir.



Şekil 19: V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda çekme direnci değerleri için).

1 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 1.(0,03934) = 0,03934$$

olarak hesaplanır. Dağılımın standart hatası bir önceki V maskesinde 0,01759 olarak belirlendiği için;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{0,03934}{0,01759} \right)^2 = 5$$

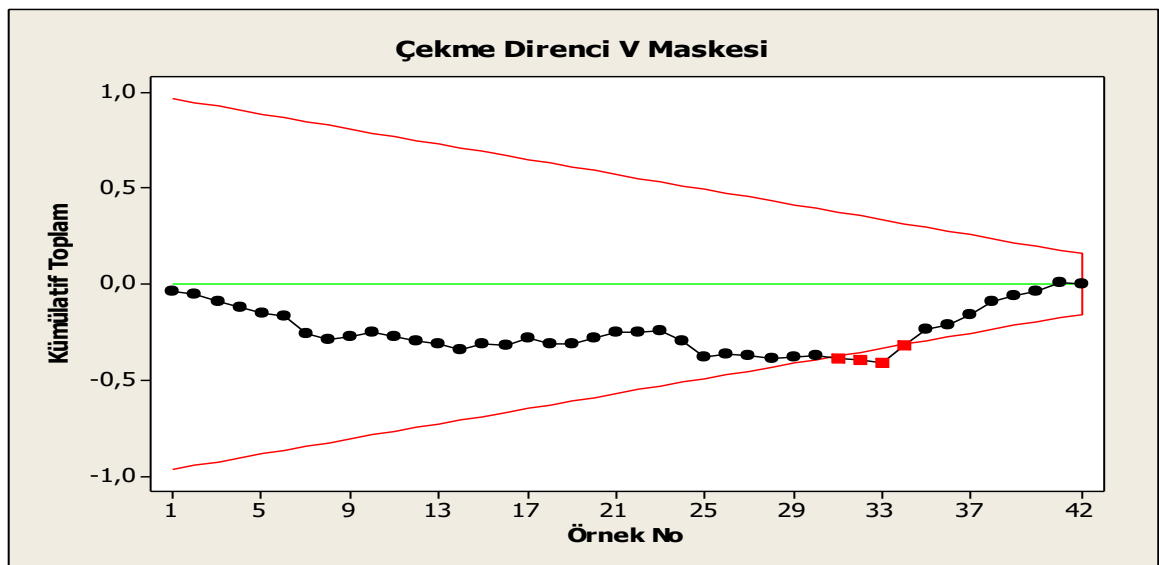
olarak bulunur. V maskesinin inşa edileceği d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{5} = 1,842$$

birim olur. A değeri de bir önceki hesaplamada 0,03519 olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

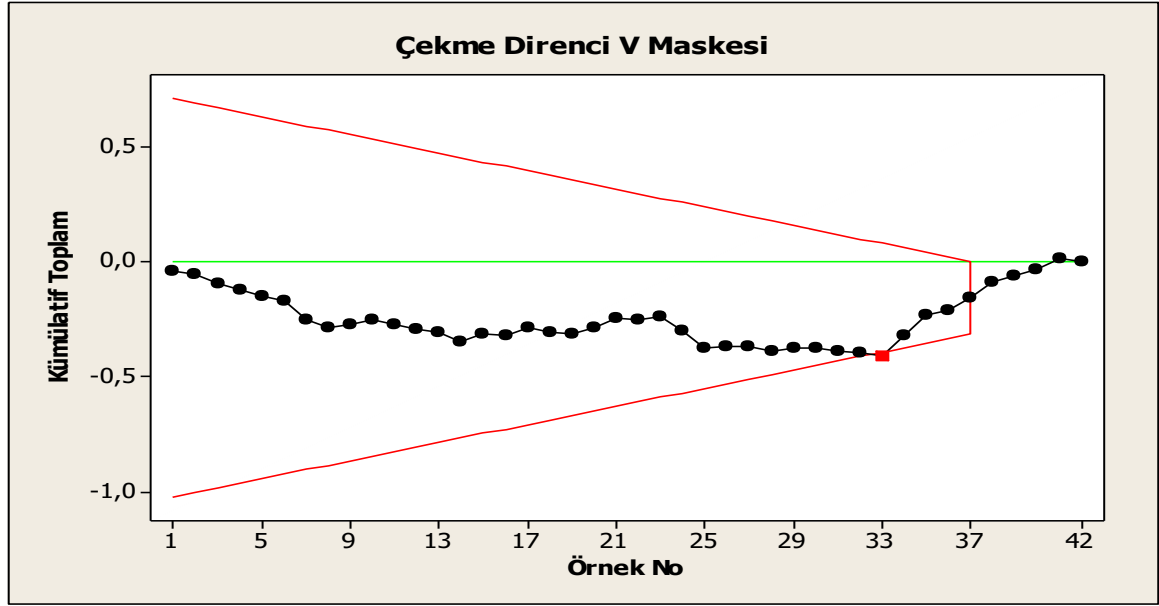
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,03934}{2 \cdot (0,03519)} \right) = 29,20^\circ$$

olarak hesaplanır. Şekil 20’de çekme direnci değerlerinde 1 σ ’lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1 σ ’lık ayrılışların kontrol dışı olma sinyali verdiği görülmektedir. V maskesi son alınan örneğe yerleştirildiğinde 31-34 arasındaki örnekler kontrol dışına çıkmıştır. Proses ortalamasının hangi örnekten itibaren değiştiğini belirlemek amacıyla V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmiştir (Şekil 21).



Şekil 20: Çekme direnci değerlerine ait 1 σ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

Şekil 21’de V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesi sonucunda 33 numaralı örneğin kontrol dışına çıktığı görülmektedir. Bu durum, proses ortalamasının 33. örnekten itibaren değişmiş olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda dışarıda olan noktanın V maskesinin alt kolunun dışında yer alması proses ortalamasının yukarıya doğru kayma eğilimde olduğunu işaret etmektedir. Yani 33. örnekten itibaren çekme direnci ortalama değerlerinde bir artış meydana geldiğini göstermektedir.



Şekil 21: V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (1 σ ’lık ayrılışlarda çekme direnci değerleri için).

2 σ ’lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 2.(0,03934) = 0,07868$$

olarak hesaplanır. Standart hata $\sigma_{\bar{x}}=0,01759$ olduğuna göre;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{0,07868}{0,01759} \right)^2 = 20$$

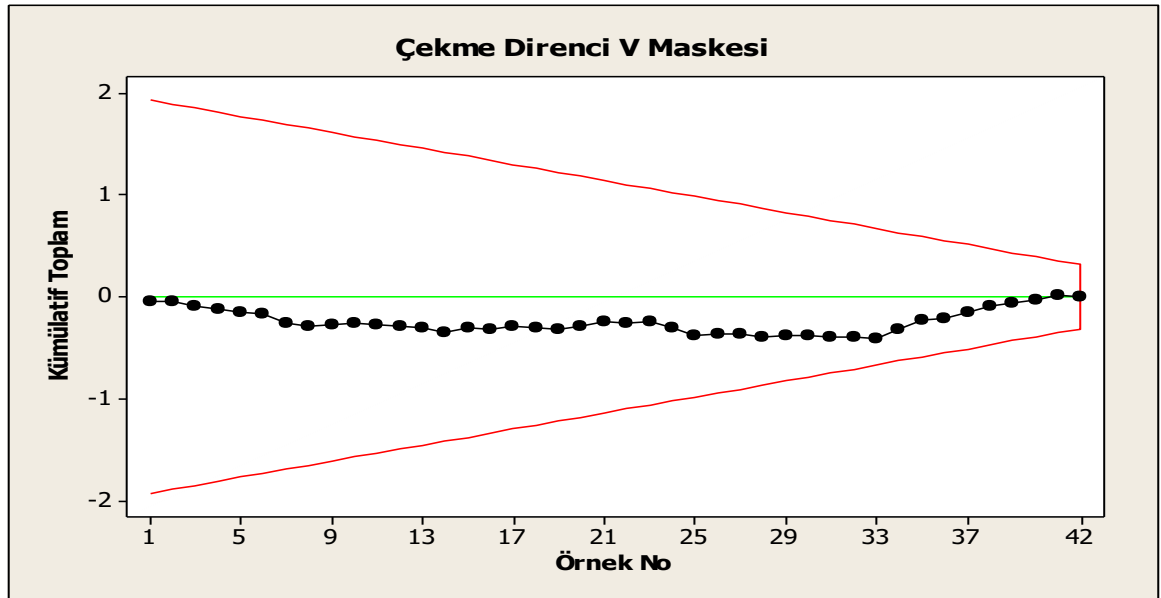
olarak bulunur. d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{20} = 0,4605$$

birim olarak hesaplanır. $A = 0,03519$ olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,07868}{2.(0,03519)}\right) = 48,19^\circ$$

olarak hesaplanır. Şekil 22’de çekme direnci değerlerinde 2σ ’lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Grafiğe genel olarak bakıldığında çekme direncine ait 2σ ’lık ayrılışların herhangi bir kontrol dışı sinyal vermediği görülmektedir. Bu durum bize 2σ ’lık ayrılışlarda prosesin kontrol altında olduğunu göstermektedir.



Şekil 22: Çekme direnci değerlerine ait 2σ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

3.1.2.2 Elastikiyet Modülü CUSUM Kontrol Grafikleri

Tablo 10’da elastikiyet modülüne ait ölçüm değerleri, örnek ortalamaları, örnek ortalamasından sapmalar ve bu değerlere göre hesaplanmış birikimli CUSUM değerleri verilmiştir.

Tablo 10: Elastikiyet modülü için hesaplanan CUSUM değerleri.

Elastikiyet Modülü Değerleri (Şubat-Mart-Nisan Ayları)				
NO	TARİH	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	S_i
1	13 ŞUBAT	2622,833	65,1627	65,1627
2	13 ŞUBAT	2543,667	-14,004	51,15873
3	13 ŞUBAT	2453,5	-104,171	-53,0119
4	14 ŞUBAT	2584,833	27,1627	-25,8492
5	14 ŞUBAT	2553,667	-4,00397	-29,8532
6	14 ŞUBAT	2413,5	-144,171	-174,024
7	15 ŞUBAT	2334,167	-223,504	-397,528
8	17 ŞUBAT	2596,333	38,6627	-358,865
9	17 ŞUBAT	2509,5	-48,1706	-407,036
10	17 ŞUBAT	2501	-56,6706	-463,706
11	18 ŞUBAT	2617	59,32937	-404,377
12	18 ŞUBAT	2358,667	-199,004	-603,381
13	18 ŞUBAT	2594,167	36,49603	-566,885
14	19 ŞUBAT	2489,5	-68,1706	-635,056
15	25 ŞUBAT	2645	87,32937	-547,726
16	25 ŞUBAT	2512,833	-44,8373	-592,563
17	25 ŞUBAT	2746,667	188,996	-403,567
18	26 ŞUBAT	2625,667	67,99603	-335,571
19	26 ŞUBAT	2511,167	-46,504	-382,075
20	13 MART	2476,167	-81,504	-463,579
21	14 MART	2600,667	42,99603	-420,583
22	14 MART	2502,167	-55,504	-476,087
23	14 MART	2211,333	-346,337	-822,425
24	15 MART	2417,833	-139,837	-962,262
25	15 MART	2529	-28,6706	-990,933
26	15 MART	2811,333	253,6627	-737,27
27	19 MART	2714,333	156,6627	-580,607
28	20 MART	2717,5	159,8294	-420,778
29	20 MART	2563,167	5,496032	-415,282
30	20 MART	2585,333	27,6627	-387,619
31	21 MART	2593,667	35,99603	-351,623
32	21 MART	2376,333	-181,337	-532,96
33	25 NİSAN	2593,667	35,99603	-496,964
34	25 NİSAN	2555	-2,67063	-499,635
35	25 NİSAN	2542,833	-14,8373	-514,472
36	26 NİSAN	2577,5	19,82937	-494,643
37	27 NİSAN	2553	-4,67063	-499,313
38	27 NİSAN	2693,5	135,8294	-363,484
39	29 NİSAN	2828	270,3294	-93,1548
40	30 NİSAN	2612,833	55,1627	-37,9921
41	30 NİSAN	2578,333	20,6627	-17,3294
42	30 NİSAN	2575	17,32937	2,77E-11
$\bar{\bar{x}} = 2557,67$				

Buna göre CUSUM kontrol grafiğinin parametreleri: $S_i = i$ 'inci birikimli değer, $\bar{x}_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve $\bar{\bar{x}}$ 'da örneklem ortalaması olarak alınırsa;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{107422,2}{42} = 2557,67$$

$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})$ ve $S_i = (x_i - k) + S_{i-1}$ eşitlikleri yardımıyla S_i değerleri hesaplanır. İlk iki örnek için S_i değerlerinin hesaplanması ise;

$$S_1 = \sum_{j=1}^1 (2622,833 - 2557,67) = 65,1627$$

$$S_2 = (2543,667 - 2557,67) + (65,1627) = 51,1587$$

şeklinde olur.

Eğer $\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterilirse, α ve β değerleri $\alpha=0,01$ ve $\beta=0,01$ ve d değeri EK-C'deki tablo yardımıyla $d_2=2,534$ şeklinde alınırsa V maskesinin kollarının eğimini yani $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık ayrılışların kontrol dışı olup olmadığını veren V maskesinin parametreleri;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{21315}{42} = 507,5$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{507,5}{2,534} = 200,27$$

0,5 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 0,5.(200,27) = 100,14$$

olarak hesaplanır. V maskesinin ucu ile V maskesinin üzerine yerleştirilecek örnek nokta arasındaki d uzunluğunu belirlemek için $\sigma_{\bar{x}}$ ile δ^2 değerlerinin bulunması gerekir. Böylece dağılımın standart hatası;

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = \frac{200,27}{\sqrt{5}} = 89,563$$

olarak bulunurken, δ^2 değeri ise;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{100,14}{89,563} \right)^2 = 1,2501$$

şeklinde olur. Böylece d uzunluğu;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{1,2501} = 7,3677$$

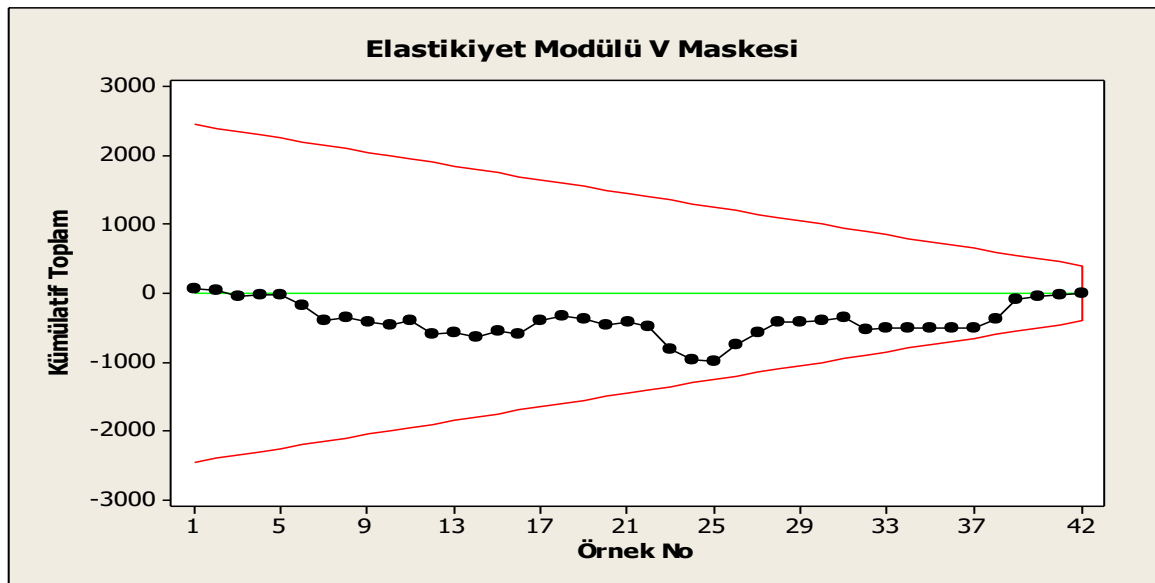
olarak hesaplanır. Ayrıca d uzunluğunun en uç kısmına değen V maskesinin yatay ekseninde yaptığı θ kadarlık açının bulunması gerekmektedir. Bu açığı bulmak için yukarıdaki bilgilere ek olarak A değerinin de bilinmesi gerekir. A değeri ise;

$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 2.(89,563) = 179,126$$

olarak hesaplanır. Böylece θ açısı;

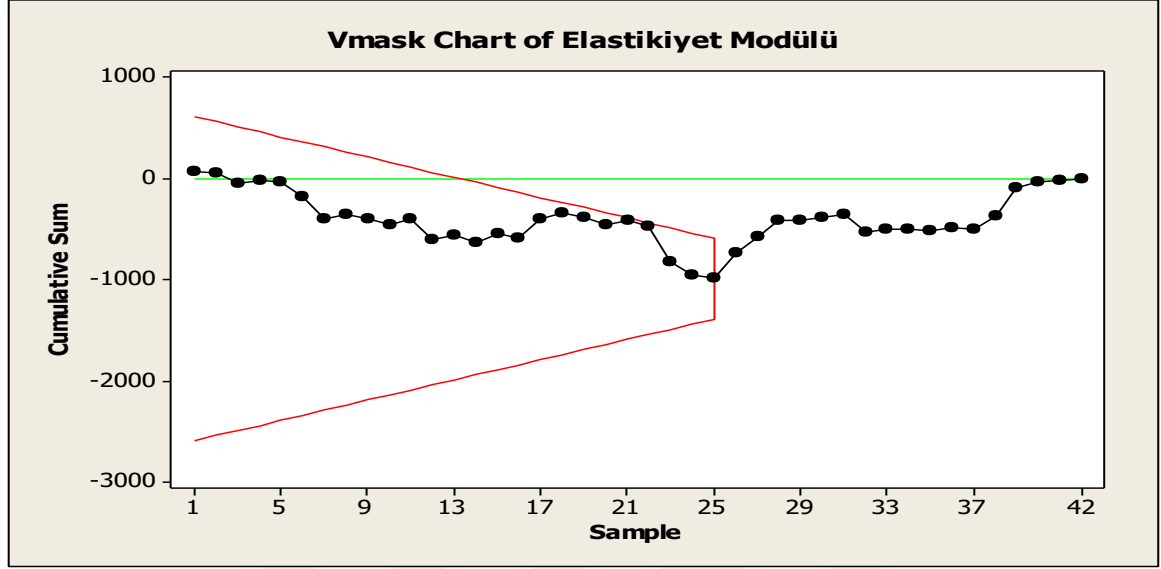
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{100,14}{2.(179,126)}\right) = 15,617^\circ$$

şeklinde belirlenir. Bu açı V maskesinin alt ve üst kollarının d uzunluğu ile yaptığı açığı göstermektedir. Şekil 23’de elastikiyet modülü değerlerindeki $0,5 \sigma$ ’lık ayrılışları gösteren V maskeli CUSUM grafiği verilmiştir. Şekil incelendiğinde V maskesinin kontrol döneminde elde edilen en son kümülatif ortalama değerine yerleştirilmesi sonucunda hiçbir noktanın kontrol dışı sinyal vermediği görülmektedir. Ancak proses ortalamasında negatif yöndeki dalgalanmalar proses ortalamasının zamanla değişmiş olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle V maskesi bütün örneklerle uygulanarak yeniden incelenmiştir.



Şekil 23: Elastikiyet modülü değerlerine ait $0,5 \sigma$ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

Elastikiyet modülü değerlerindeki 0,5 σ 'lık ayrılışları tespit etmek için hazırlanan CUSUM grafiği bütün örneklere uygulandığında herhangi kontrol dışı sinyal veren bir noktaya rastlanmamıştır. Ancak Şekil 24'te görüldüğü üzere V maskesinin 25 numaralı örneğe inşa edilmesi sonucunda 21 ve 22 nolu örneklerin üst kola çok yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 24: V maskesinin 25 numaralı örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda elastikiyet modülü için).

1 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 1.(200,27) = 200,27$$

olarak hesaplanır. Dağılımın standart hatası bir önceki V maskesinde 89,563 olarak belirlendiği için;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{200,27}{89,563} \right)^2 = 5$$

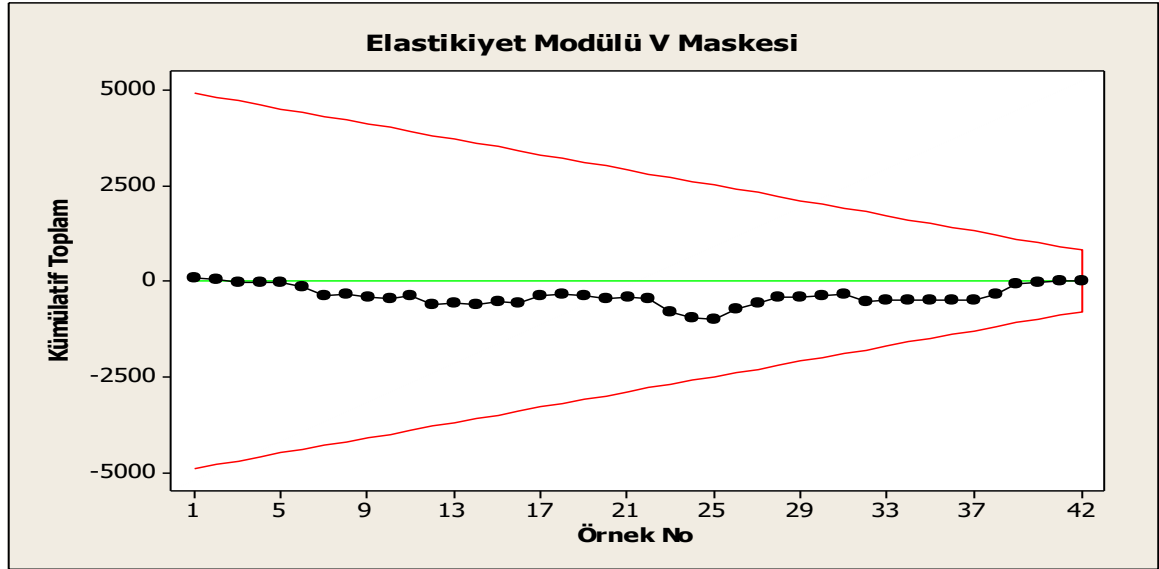
olarak bulunur. V maskesinin inşa edileceği d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{5} = 1,842$$

birim olur. A değeri de bir önceki hesaplamada 179,126 olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{200,27}{2.(179,126)}\right) = 29,21^\circ$$

şeklinde hesaplanır. Şekil 25’de elastikiyet modülü değerlerindeki 1 σ ’lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Şekil incelendiğinde kontrol dışı sinyal veren herhangi bir noktaya rastlanmamıştır.



Şekil 25: Elastikiyet modülü değerlerine ait 1 σ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

2 σ ’lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 2.(200,27) = 400,54$$

olarak hesaplanır. Standart hata $\sigma_{\bar{x}}=89,563$ olduğuna göre;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}}\right)^2 = \left(\frac{400,54}{89,563}\right)^2 = 20$$

olarak bulunur. d uzunluğu ise;

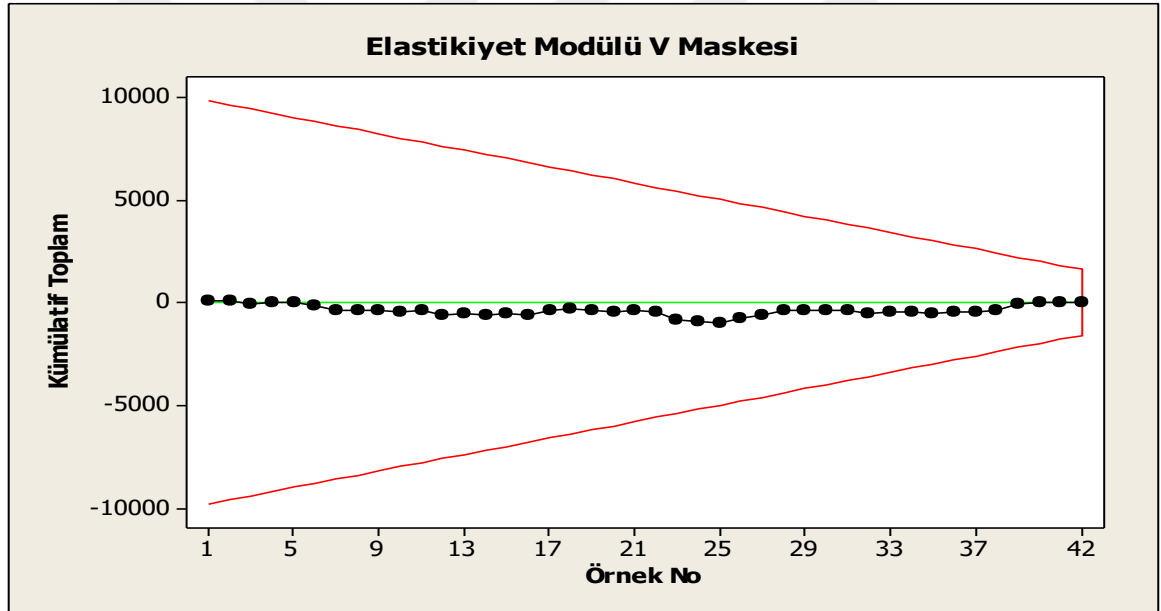
$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{20} = 0,4605$$

Birim olarak hesaplanır. $A = 179,126$ olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{400,54}{2 \cdot (179,126)}\right) = 48,19^\circ$$

olarak hesaplanır.

Şekil 26'da elastikiyet modülü değerlerinde 2σ 'lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Şekil incelendiğinde elastikiyet modülü değerlerine ait CUSUM grafiğinde 2σ 'lık ayrılışların kontrol dışı olma sinyali vermediği gözlemlenmektedir. Bu durumda prosesin kontrol altında olduğu söylenebilir.



Şekil 26: Elastikiyet modülü değerlerine ait 2σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

3.1.2.3 Yüzey Sağlamlığı CUSUM Kontrol Grafikleri

Tablo 11'de yüzey sağlamlığına ait ölçüm değerleri, örnek ortalamaları, örnek ortalamasından sapmalar ve bu değerlere göre hesaplanmış birikimli CUSUM değerleri verilmiştir.

Tablo 11: Yüzey sağlamlığı için hesaplanan CUSUM değerleri.

Yüzey Sağlamlığı Değerleri (Şubat-Mart-Nisan Ayları)				
No	Tarih	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	S_i
1	13 ŞUBAT	0,915333	-0,12824	-0,12824
2	13 ŞUBAT	0,962667	-0,08091	-0,20915
3	13 ŞUBAT	0,998833	-0,04474	-0,25389
4	14 ŞUBAT	1,0685	0,024925	-0,22897
5	14 ŞUBAT	1,050333	0,006758	-0,22221
6	14 ŞUBAT	1,062333	0,018758	-0,20345
7	15 ŞUBAT	0,915167	-0,12841	-0,33186
8	17 ŞUBAT	0,996333	-0,04724	-0,3791
9	17 ŞUBAT	0,960833	-0,08274	-0,46185
10	17 ŞUBAT	1,165833	0,122258	-0,33959
11	18 ŞUBAT	0,978	-0,06558	-0,40516
12	18 ŞUBAT	1,0155	-0,02808	-0,43324
13	18 ŞUBAT	0,929667	-0,11391	-0,54715
14	19 ŞUBAT	0,8955	-0,14808	-0,69522
15	25 ŞUBAT	1,144667	0,101091	-0,59413
16	25 ŞUBAT	1,042167	-0,00141	-0,59554
17	25 ŞUBAT	1,104167	0,060591	-0,53495
18	26 ŞUBAT	1,011167	-0,03241	-0,56736
19	26 ŞUBAT	1,015167	-0,02841	-0,59577
20	13 MART	1,156333	0,112758	-0,48301
21	14 MART	0,962167	-0,08141	-0,56442
22	14 MART	1,1545	0,110925	-0,45349
23	14 MART	0,891167	-0,15241	-0,6059
24	15 MART	0,988	-0,05558	-0,66148
25	15 MART	0,979333	-0,06424	-0,72572
26	15 MART	1,187333	0,143758	-0,58196
27	19 MART	0,921833	-0,12174	-0,7037
28	20 MART	0,9365	-0,10708	-0,81078
29	20 MART	1,052167	0,008591	-0,80219
30	20 MART	0,9235	-0,12008	-0,92226
31	21 MART	0,942667	-0,10091	-1,02317
32	21 MART	1,059167	0,015591	-1,00758
33	25 NİSAN	0,942667	-0,10091	-1,10849
34	25 NİSAN	1,358333	0,314758	-0,79373
35	25 NİSAN	1,25	0,206425	-0,58731
36	26 NİSAN	1,317667	0,274091	-0,31321
37	27 NİSAN	1,106	0,062425	-0,25079
38	27 NİSAN	1,284667	0,241091	-0,0097
39	29 NİSAN	1,061167	0,017591	0,007893
40	30 NİSAN	1,009333	-0,03424	-0,02635
41	30 NİSAN	1,055167	0,011591	-0,01476
42	30 NİSAN	1,058333	0,014758	6,66E-15
$\bar{\bar{x}} = 1,0436$				

Buna göre yüzey sağlamlığı için hazırlanan CUSUM kontrol grafiğinin parametreleri:
 $S_i = i$ 'inci birikimli değer, $\bar{x}_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve $\bar{\bar{x}}$ 'da örneklem ortalaması olarak alınır;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{43,83017}{42} = 1,0436$$

$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})$ ve $S_i = (x_i - k) + S_{i-1}$ eşitlikleri yardımıyla S_i değerleri hesaplanır. İlk iki örnek için S_i değerlerinin hesaplanması ise;

$$S_1 = \sum_{j=1}^1 (0,915333 - 1,0436) = -0,12824$$

$$S_2 = (0,962667 - 1,0436) + (-0,12824) = -0,20915$$

şeklinde olur.

Eğer $\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterilirse, α ve β değerleri $\alpha=0,01$ ve $\beta=0,01$ ve d değeri EK-C'deki tablo yardımıyla $d_2=2,534$ şeklinde alınırsa V maskesinin kollarının eğimini yani $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık ayrılışların kontrol dışı olup olmadığını veren V maskesinin parametreleri;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{14,661}{42} = 0,3491$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,3491}{2,534} = 0,1378$$

0,5 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 0,5.(0,1378) = 0,0689$$

olarak hesaplanır. Buradan d uzunluğunu belirlemek için kullanılan $\sigma_{\bar{x}}$ ile δ^2 değerleri ise;

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,1378}{\sqrt{5}} = 0,0616$$

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{0,0689}{0,0616} \right)^2 = 1,25$$

şeklinde belirlenir. V maskesinin ucu ile V maskesinin üzerine yerleştirilecek örnek nokta arasındaki d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{1,25} = 7,368$$

olarak hesaplanmış olur. Ayrıca d uzunluğunun en uç kısmına değen V maskesinin yatay eksende yaptığı θ kadarlık açının bulunması gerekmektedir. Bu açığı bulmak için yukarıdaki bilgilere ek olarak A değerinin de bilinmesi gerekir. A değeri ise;

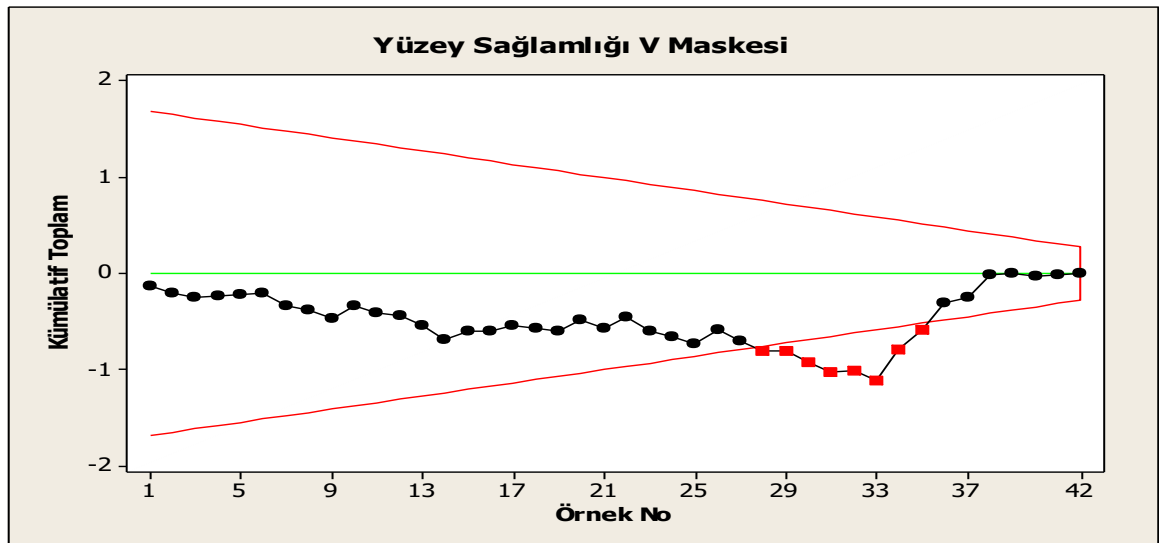
$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 2.(0,0616) = 0,1232$$

olarak hesaplanır. Böylece θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,0689}{2.(0,1232)}\right) = 15,622^\circ$$

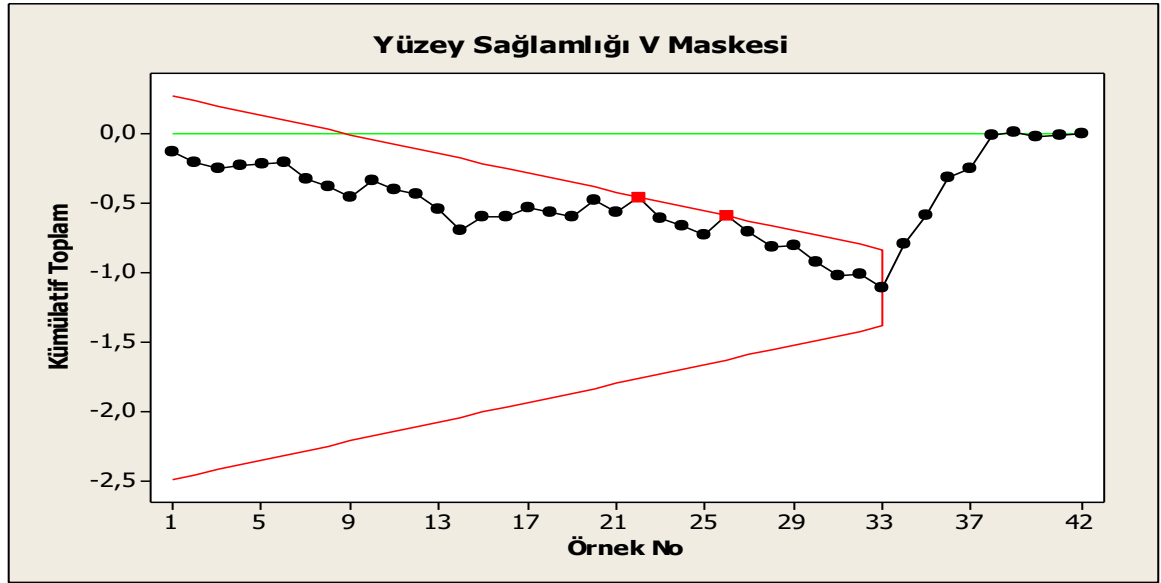
şeklinde belirlenir. Bu açı V maskesinin alt ve üst kollarının d uzunluğu ile yaptığı açığı göstermektedir.

Şekil 27’de yüzey sağlamlığı değerlerine ait 0,5 σ ’lık ayrılışları gösteren V maskeli CUSUM grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde yüzey sağlamlığına ait 0,5 σ ’lık ayrılışların kontrol dışı sinyal verdiği görülmektedir. V maskesi en son alınan örneğe yani 42. örneğe yerleştirildiğinde 28-35 arasındaki örnekler kontrol dışına çıkmıştır. Bu durum prosesin kontrolden çıkma eğilimi gösterdiği veya proses ortalamasının değişmiş olduğu anlamına gelmektedir. V maskesinin en son alınan örneğe yerleştirilmesi sonucu CUSUM grafiğinin kontrol dışı sinyal vermesi proses ortalamasının değişmiş olduğunu göstermesine rağmen hangi örnekten itibaren değiştiğini tam olarak göstermemiştir. Bu nedenle V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmiştir.



Şekil 27: Yüzey sağlamlığı değerlerine ait 0,5 σ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

Şekil 28’de V maskesinin ilk kontrol dışı veren örneğe (33 numaralı örnek) yerleştirilmesiyle oluşturulan CUSUM grafiği görülmektedir. Grafikte görüldüğü üzere 22 ve 26 numaralı örneklerin kontrol dışına çıktığı görülmektedir. Bu durum bize prosesin 22. örnekten itibaren kontrol dışına çıktığı ve proses ortalamasının bu örnekten itibaren değişmiş olduğunu göstermektedir. Ayrıca dışarıda olan noktanın V maskesinin üst kolunun dışında yer alması proses ortalamasının aşağıya doğru kayma eğiliminde olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 28: V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği ($0,5\sigma$ ’lık ayrılışlarda yüzey sağlamlığı değerleri için).

1 σ ’lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 1.(0,1378) = 0,1378$$

olarak hesaplanır. Dağılımın standart hatası bir önceki V maskesinde 0,0616 olarak belirlendiği için;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{0,1378}{0,0616} \right)^2 = 5$$

olarak bulunur. V maskesinin inşa edileceği d uzunluğu ise;

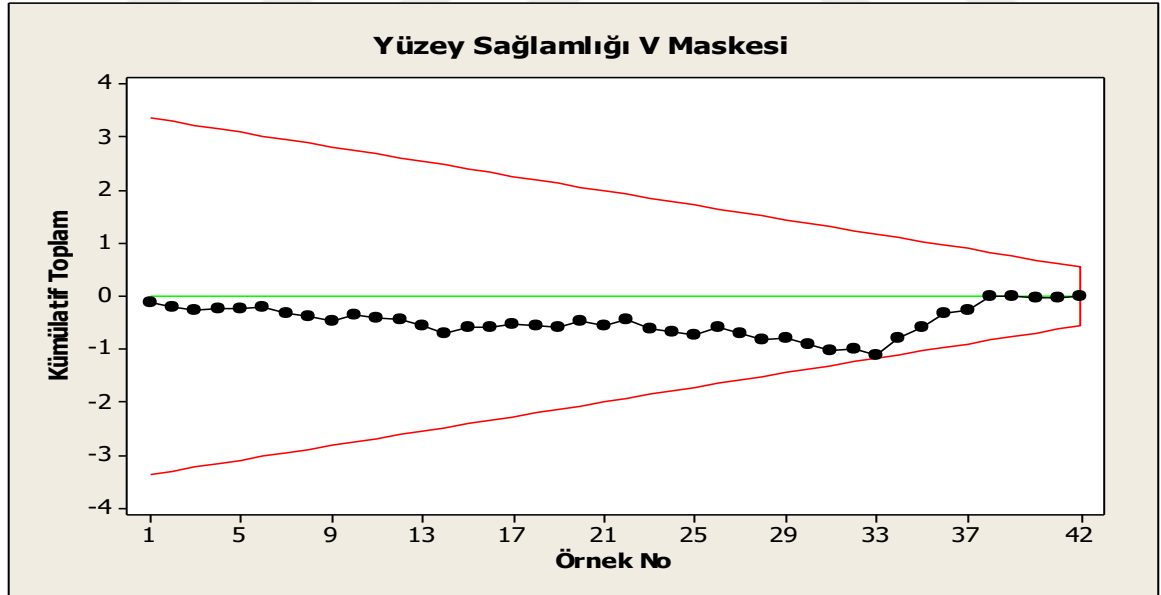
$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{5} = 1,842$$

birim olur. A değeri de bir önceki hesaplamada 0,1232 olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,1378}{2 \cdot (0,1232)} \right) = 29,21^\circ$$

olarak hesaplanır.

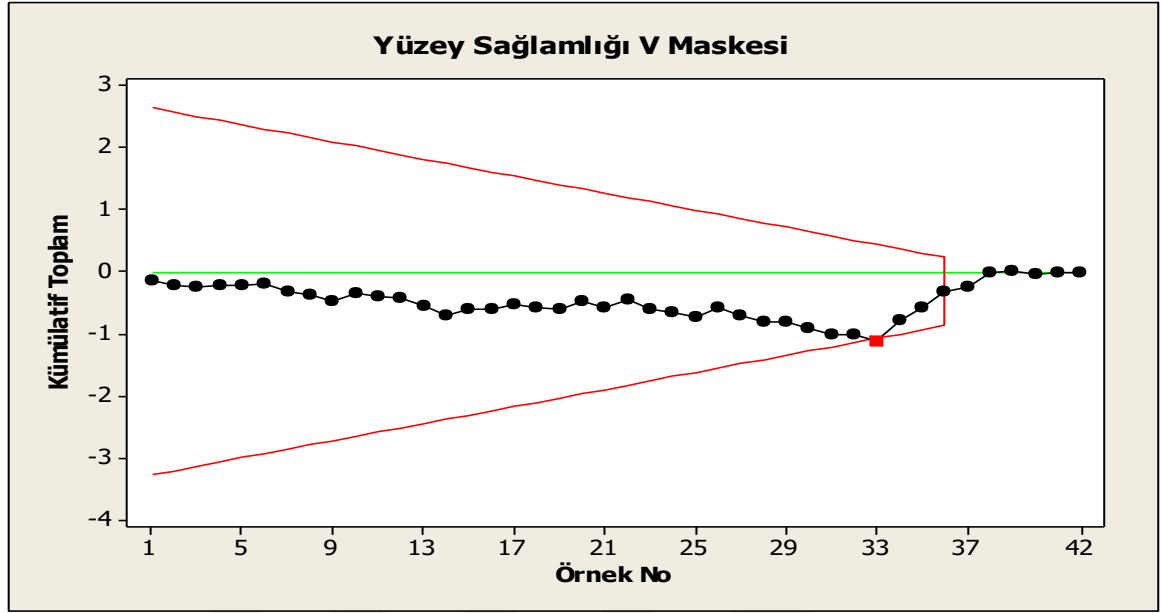
Şekil 29’da yüzey sağlamlığı değerlerinde 1 σ ’lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Grafiğe genel olarak bakıldığında proses kontrol altında gibi görülmektedir. Bu durum prosesin kontrol altında olduğunu gösterse de 33 numaralı örneğin V maskesinin alt koluna çok yakın olması proses ortalamasının değişmiş olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle V maskesi bütün örneklerle yerleştirilerek CUSUM grafiği yeniden incelenmiştir.



Şekil 29: Yüzey sağlamlığı değerlerine ait 1 σ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

Tüm örneklerle yerleştirilen V maskesi Şekil 30’daki gibi 36 numaralı örneğe yerleştirildiğinde (ilk kontrol dışı sinyal veren örnek) 33 numaralı örneğin V maskesinin

kollarının dışına çıktığı görülmektedir. Bu durum proses ortalamasında bir kayma olduğunu göstermektedir. Yani proses ortalaması 33. örnekten itibaren değişmiştir.



Şekil 30: V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (1 σ 'lık ayrılışlarda yüzey sağlamlığı değerleri için).

2 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 2.(0,1378) = 0,2756$$

olarak hesaplanır. Standar hata $\sigma_{\bar{x}}=0,0616$ olduğuna göre;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{0,2756}{0,0616} \right)^2 = 20$$

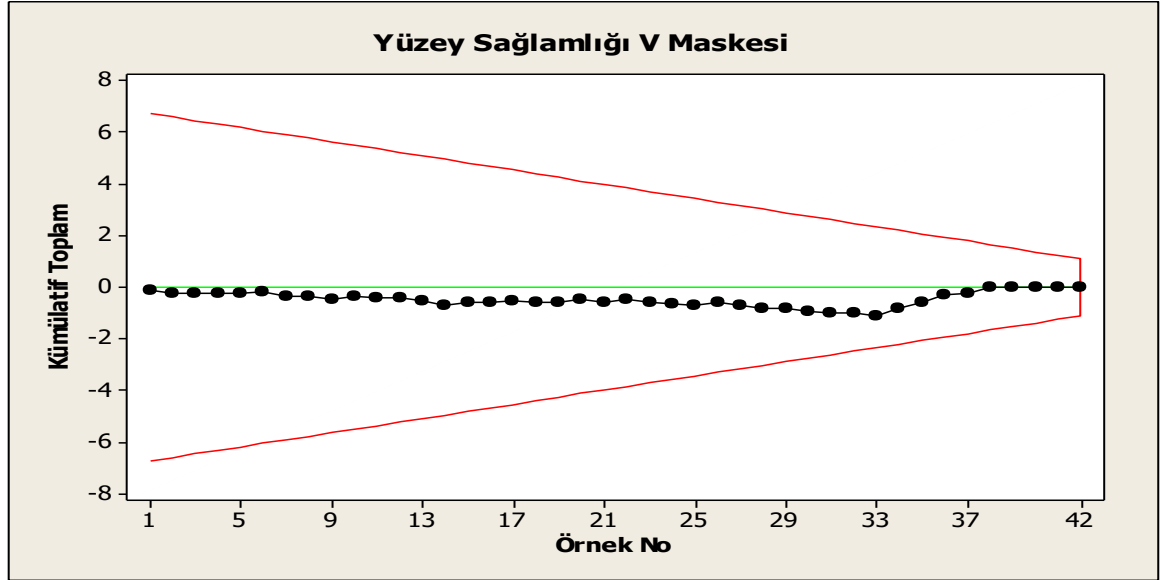
olarak bulunur. d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{20} = 0,4605$$

birim olarak hesaplanır. A= 0,1232 olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0,2756}{2.(0,1232)} \right) = 48,20^\circ$$

olarak hesaplanır. Şekil 31’de yüzey sağlamlığı değerlerinde 2σ ’lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Grafik incelendiğinde kontrol dışı herhangi bir sinyal görülmemektedir. Yani yüzey sağlamlığına ait 2σ ’lık ayrılışların kontrol altında olduğu söylenebilir.



Şekil 31: Yüzey sağlamlığı değerlerine ait 2σ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

3.1.2.4 Vida Tutma Direnci CUSUM Kontrol Grafikleri

Tablo 12’de vida tutma direncine ait ölçüm değerleri, örnek ortalamaları, örnek ortalamasından sapmalar ve bu değerlere göre hesaplanmış birikimli CUSUM değerleri verilmiştir.

Tablo 12: Vida tutma direnci için hesaplanan CUSUM değerleri.

Vida Tutma Direnci Değerleri (Şubat-Mart-Nisan Ayları)				
No	Tarih	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}$	S_i
1	13 ŞUBAT	668,3333	-89,6508	-89,6508
2	13 ŞUBAT	639,6667	-118,317	-207,968
3	13 ŞUBAT	776	18,01587	-189,952
4	14 ŞUBAT	769,6667	11,68254	-178,27
5	14 ŞUBAT	692,6667	-65,3175	-243,587
6	14 ŞUBAT	780	22,01587	-221,571
7	15 ŞUBAT	631	-126,984	-348,556
8	17 ŞUBAT	788	30,01587	-318,54
9	17 ŞUBAT	703,6667	-54,3175	-372,857
10	17 ŞUBAT	898	140,0159	-232,841
11	18 ŞUBAT	709	-48,9841	-281,825
12	18 ŞUBAT	804,3333	46,34921	-235,476
13	18 ŞUBAT	669,3333	-88,6508	-324,127
14	19 ŞUBAT	673,6667	-84,3175	-408,444
15	25 ŞUBAT	894	136,0159	-272,429
16	25 ŞUBAT	733	-24,9841	-297,413
17	25 ŞUBAT	791,3333	33,34921	-264,063
18	26 ŞUBAT	797,3333	39,34921	-224,714
19	26 ŞUBAT	737,3333	-20,6508	-245,365
20	13 MART	742	-15,9841	-261,349
21	14 MART	808,6667	50,68254	-210,667
22	14 MART	651	-106,984	-317,651
23	14 MART	727,3333	-30,6508	-348,302
24	15 MART	652,6667	-105,317	-453,619
25	15 MART	756,3333	-1,65079	-455,27
26	15 MART	791	33,01587	-422,254
27	19 MART	790,6667	32,68254	-389,571
28	20 MART	691,3333	-66,6508	-456,222
29	20 MART	836,6667	78,68254	-377,54
30	20 MART	731	-26,9841	-404,524
31	21 MART	710	-47,9841	-452,508
32	21 MART	765,6667	7,68254	-444,825
33	25 NİSAN	710	-47,9841	-492,81
34	25 NİSAN	808	50,01587	-442,794
35	25 NİSAN	881	123,0159	-319,778
36	26 NİSAN	799,3333	41,34921	-278,429
37	27 NİSAN	911,3333	153,3492	-125,079
38	27 NİSAN	825	67,01587	-58,0635
39	29 NİSAN	843,3333	85,34921	27,28571
40	30 NİSAN	788	30,01587	57,30159
41	30 NİSAN	783	25,01587	82,31746
42	30 NİSAN	675,6667	-82,3175	-1,1E-13
$\bar{\bar{x}} = 757,98$				

Buna göre vida tutma direnci için hazırlanan CUSUM kontrol grafiğinin parametreleri: $S_i = i$ 'inci birikimli değer, $\bar{x}_j = j$ 'inci örneğin aritmetik ortalaması ve $\bar{\bar{x}}$ 'da örneklem ortalaması olarak alınır;

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} = \frac{31835,33}{42} = 757,98$$

$S_i = \sum_{j=1}^i (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})$ ve $S_i = (x_i - k) + S_{i-1}$ eşitlikleri yardımıyla S_i değerleri hesaplanır. İlk iki örnek için S_i değerlerinin hesaplanması ise;

$$S_1 = \sum_{j=1}^1 (668,3333 - 757,98) = -89,65$$

$$S_2 = (639,6667 - 757,98) + (-89,65) = -207,96$$

şeklinde olur.

Eğer $\bar{x}_i$ 'nin standart sapması $\sigma_{\bar{x}}$ ile gösterilirse, α ve β değerleri $\alpha=0,01$ ve $\beta=0,01$ ve d değeri EK-C'deki tablo yardımıyla $d_2=1,693$ ($n=3$) şeklinde alınırsa V maskesinin kollarının eğimini yani $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık ayrılışların kontrol dışı olup olmadığını veren V maskesinin parametreleri;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{6163}{42} = 146,74$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{146,74}{1,693} = 86,67$$

0,5 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 0,5.(86,67) = 43,335$$

olarak hesaplanır. Buradan d uzunluğunu belirlemek için kullanılan $\sigma_{\bar{x}}$ ile δ^2 değerleri ise;

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} = \frac{86,67}{\sqrt{2}} = 61,285$$

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{43,335}{61,285} \right)^2 = 0,5$$

olarak bulunurken, d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0,01}{0,5} = 18,42$$

şeklinde hesaplanır. θ açısının bulunması için gerekli olan A değeri ise;

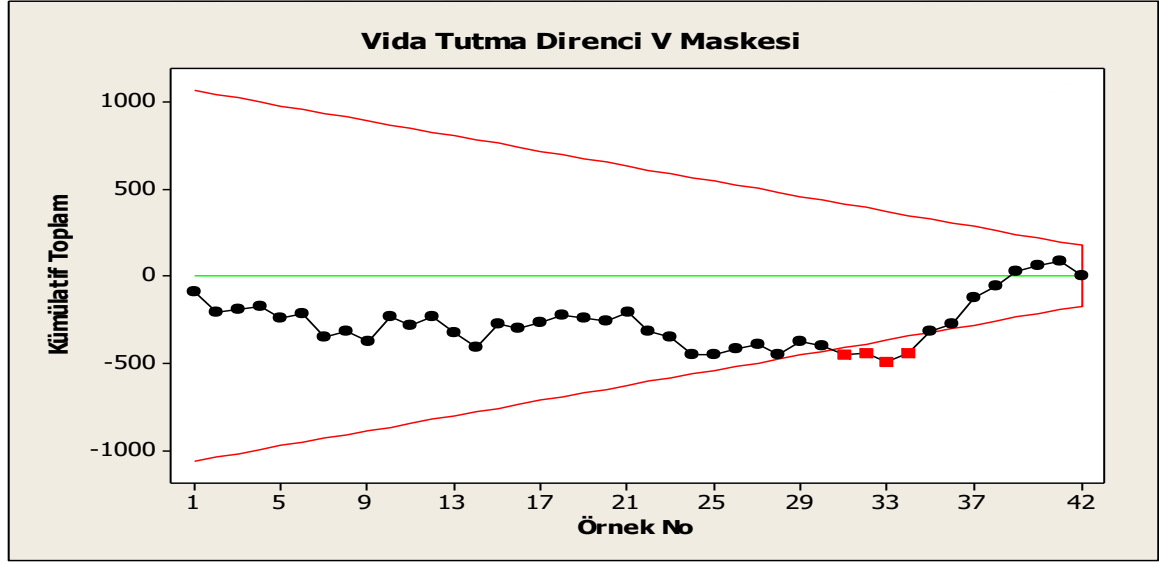
$$A = 2\sigma_{\bar{x}} = 2.(61,285) = 122,57$$

olarak hesaplanır. Böylece θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta}{2A}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{43,335}{2.(122,57)}\right) = 10,02^\circ$$

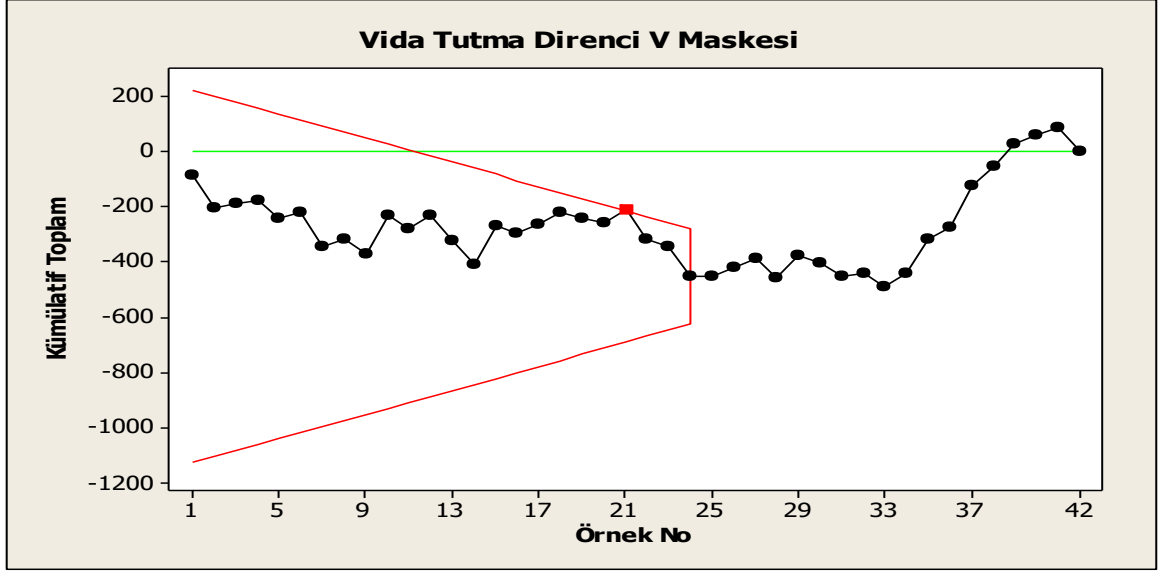
şeklinde bulunur.

Şekil 32’de vida tutma direncine ait $0,5 \sigma$ ’lık ayrılışları gösteren V maskeli CUSUM grafiği gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde vida tutma direnci değerlerinin kontrol dışı sinyal verdiği görülmektedir. V maskesi en son alınan örneğe yerleştirildiğinde 31, 32, 33 ve 34 numaralı örnekler kontrol dışına çıkmıştır. Prosesin hangi örnekten itibaren kontrol dışına çıktığını tespit etmek amacıyla, V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmiştir (Şekil 33).



Şekil 32: Vida tutma direnci değerlerine ait $0,5 \sigma$ ’lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

V maskesinin 24 numaralı örneğe yerleştirilmesi sonucu 21 numaralı örnek kontrol dışı sinyal vermiştir. Buradan prosesin 21 numaralı örnekten itibaren kontrol dışına çıktığı, proses ortalamasının bu örnekten itibaren değişmiş olduğu görülmektedir.



Şekil 33: V maskesinin ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmesiyle elde edilen CUSUM kontrol grafiği (0,5 σ 'lık ayrılışlarda vida tutma direnci değerleri için).

1 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 1.(86,67) = 86,67$$

olarak hesaplanır. Dağılımın standart hatası bir önceki V maskesinde 61,285 olarak belirlendiği için;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{86,67}{61,285} \right)^2 = 2$$

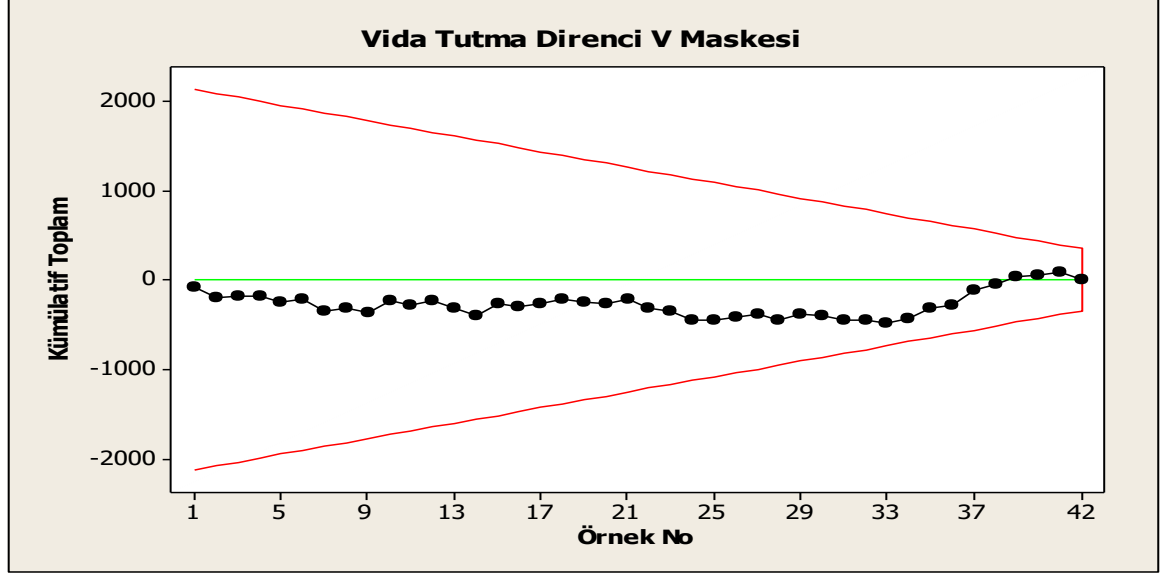
olarak bulunur. V maskesinin inşa edileceği d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{2} = 4,605$$

birim olur. A değeri de bir önceki hesaplamada 122,57 olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{86,67}{2.(122,57)} \right) = 19,47^\circ$$

olarak hesaplanır. Şekil 34'te vida tutma direncine ait 1 σ 'lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Grafik incelendiğinde vida tutma direncine ait 1 σ 'lık ayrılışların kontrol altında olduğu görülmektedir.



Şekil 34: Vida tutma direnci değerlerine ait 1 σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

2 σ 'lık kaymaları bulmak için Δ değeri;

$$\Delta = k\sigma = 2.(86,67) = 173,34$$

olarak hesaplanır. Standar hata $\sigma_{\bar{x}} = 61,285$ olduğuna göre;

$$\delta^2 = \left(\frac{\Delta}{\sigma_{\bar{x}}} \right)^2 = \left(\frac{173,34}{61,285} \right)^2 = 8$$

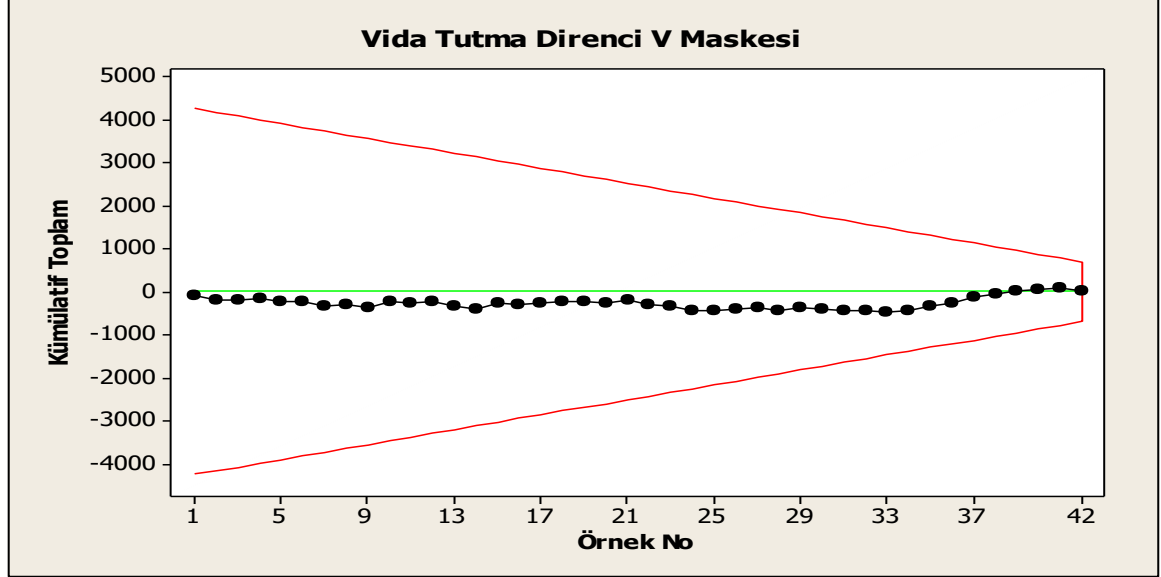
olarak bulunur. d uzunluğu ise;

$$d = -2 \frac{\ln \alpha}{\delta^2} = -2 \frac{\ln 0.01}{8} = 1,151$$

birim olarak hesaplanır. A= 122,57 olarak hesaplandığına göre V maskesi kolları ile d uzunluğu arasındaki θ açısı;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta}{2A} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{173,34}{2.(122,57)} \right) = 35,26^\circ$$

olarak hesaplanır. Şekil 35'te çekme direnci değerlerinde 2σ 'lık ayrılışları bulmak için hazırlanan V maskesi verilmiştir. Grafik incelendiğinde vida tutma direncine ait 2σ 'lık ayrılışların herhangi bir kontrol dışı sinyal vermediği görülmektedir.



Şekil 35: Vida tutma direnci değerlerine ait 2σ 'lık ayrılışları tespit eden CUSUM kontrol grafiği.

3.1.3 EWMA Kontrol Grafiklerinin Analizi

Prosesin istenilen zamanda hangi seviyede olduğunu belirlemek ve proses ortalamasında meydana gelebilecek küçük çaptaki sapmaları tespit edebilmek için EWMA kontrol grafikleri oldukça başarılı bir İstatistik Proses Kontrol aracıdır. EWMA değerlerinin belirlenmesinde Eşitlik (40)'dan yararlanılmıştır.

Burada λ değerinin genel olarak $0,05 \leq \lambda \leq 0,25$ aralıklarında iyi çalıştığı literatürdeki araştırmalarda yaygın olarak görülmektedir. $\lambda = 0,05/0,10/0,20$ değerleri en yaygın kullanılanları ve küçük değişimleri bulmada en etkili olanlarıdır. L değerinin ise sigma limitleri olan $L = 3$ 'te iyi çalıştığı görülmektedir (Montgomery, 2005).

3.1.3.1 Çekme Direnci EWMA Grafikleri

Çalışmada çekme direncine ait EWMA değerlerini bulmak için en uygun λ değeri 0,1, L değeri ise 3 olarak alınmıştır. İlk örnek ortalaması (0,399624) için EWMA Değeri;

$$z_1 = \lambda x_1 + (1 - \lambda)z_0 = 0,1.(0,399624) + (1 - 0,1).(0,439579) = 0,43558$$

şeklinde olur ve EWMA kontrol grafiğindeki ilk nokta olan $z_1 = 0,43558$ noktası kontrol grafiği üzerinde işaretlenir. İkinci örnek ortalaması (0,427306) için hesaplanacak EWMA değeri ise;

$$z_2 = \lambda x_2 + (1 - \lambda)z_1 = 0,1.(0,427306) + (1 - 0,1).(0,43558) = 0,43475$$

olarak hesaplanır ve $z_2 = 0,43475$ noktası da kontrol grafiğinde işaretlenir. Geriye kalan tüm EWMA değerleri için ($i=1$ 'den $i=42$ 'ye kadar) hesaplamalar benzer şekilde yapılarak grafik üzerine işlenir. Çalışmada sadece ilk iki örnek için bu değerler hesaplanmıştır. Yapılan diğer hesaplama sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

EWMA değerleri bulunduktan sonra bu değerlere ait kontrol sınırlarının belirlenmesinde ise Eşitlik (45)'den yararlanılır. Söz konusu formül kullanılarak $i=1$ zamandaki ÜDS değeri;

$$\bar{UDS} = \bar{\bar{x}} + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2 - \lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]}$$

$$\bar{UDS} = 0,439579 + 3.(0,03934) \sqrt{\frac{0,1}{(2 - 0,1)} [1 - (1 - 0,1)^{2(1)}]} = 0,451381$$

olarak bulunur. Aynı zamandaki ADS değeri ise;

$$ADS = \bar{\bar{x}} - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} [1 - (1-\lambda)^{2i}]$$

$$ADS = 0,439579 - 3.(0,03934) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}} [1 - (1-0,1)^{2(1)}] = 0,427777$$

şeklinde hesaplanır. İkinci örneğe ait kontrol sınırları ise;

$$\bar{UDS} = 0,439579 + 3.(0,03934) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}} [1 - (1-0,1)^{2(2)}] = 0,455457$$

$$ADS = 0,439579 - 3.(0,03934) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}} [1 - (1-0,1)^{2(2)}] = 0,423701$$

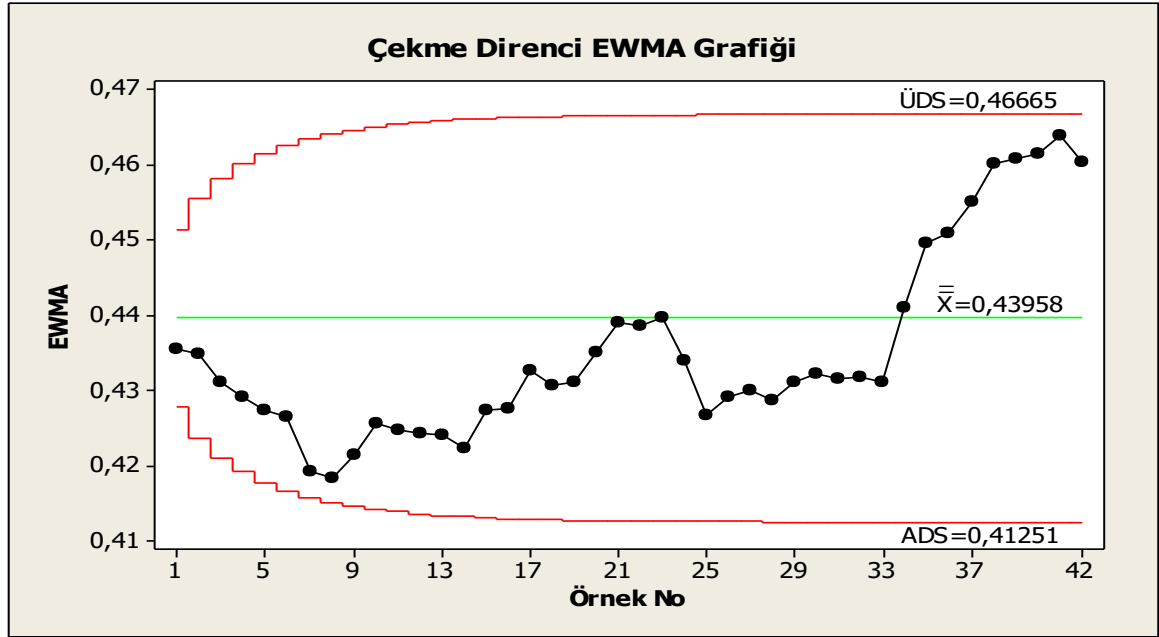
olarak hesaplanır. Diğer zamanlar için hesaplanan kontrol sınırları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13: Çekme direncine ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları.

$\bar{\bar{x}} = 0,439579 \quad \sigma = 0,03934 \quad \lambda = 0,1$				
i	$\bar{x}$	EWMA (z_i)	Kontrol Sınırları	
			ADS	ÜDS
1	0,399624	0,435583663	0,427777	0,451381
2	0,427306	0,434755903	0,423701	0,455457
3	0,397451	0,431025383	0,421045	0,458113
4	0,411991	0,42912192	0,419146	0,460012
5	0,4123	0,427439709	0,417728	0,46143
6	0,417905	0,426486268	0,416643	0,462515
7	0,354463	0,419283935	0,415801	0,463357
8	0,41	0,418355541	0,41514	0,464018
9	0,448585	0,421378511	0,414618	0,46454
10	0,463649	0,42560556	0,414203	0,464955
11	0,41638	0,424682975	0,413871	0,465287
12	0,420837	0,424298419	0,413606	0,465552
13	0,422938	0,424162399	0,413393	0,465765
14	0,405024	0,422248538	0,413221	0,465937
15	0,473665	0,427390225	0,413083	0,466075
16	0,429663	0,427617523	0,412972	0,466186
17	0,477118	0,432567589	0,412883	0,466275
18	0,412481	0,430558968	0,41281	0,466348
19	0,436303	0,431133332	0,412752	0,466406
20	0,46954	0,434973948	0,412704	0,466454
21	0,47565	0,439041504	0,412666	0,466492
22	0,433562	0,438493587	0,412635	0,466523
23	0,451152	0,439759395	0,41261	0,466548
24	0,382463	0,434029788	0,41259	0,466568
25	0,361666	0,426793393	0,412573	0,466585
26	0,449747	0,429088787	0,41256	0,466598
27	0,43799	0,429978942	0,412549	0,466609
28	0,417817	0,428762747	0,41254	0,466618
29	0,452046	0,431091023	0,412533	0,466625
30	0,442424	0,432224287	0,412528	0,46663
31	0,424958	0,431497608	0,412523	0,466635
32	0,433567	0,431704581	0,412519	0,466639
33	0,424958	0,431029873	0,412516	0,466642
34	0,529971	0,440923936	0,412514	0,466644
35	0,526795	0,449511075	0,412512	0,466646
36	0,462807	0,450840701	0,41251	0,466648
37	0,492086	0,454965231	0,412509	0,466649
38	0,507163	0,460185008	0,412508	0,46665
39	0,466428	0,460809274	0,412507	0,466651
40	0,466088	0,461337113	0,412506	0,466652
41	0,487261	0,463929518	0,412506	0,466652
42	0,428506	0,46038715	0,412505	0,466653

Tablo 13'teki kontrol sınırları ve EWMA değerlerinin kontrol grafiğine işlenmesiyle Şekil 36'daki çekme direnci EWMA grafiği elde edilmiştir. EWMA grafiklerinde genel olarak alt ve üst kontrol sınırları bir noktadan sonra sabit kalmakta ve bu andan itibaren maksimum ve minimum değerleri almaktadırlar. Şekil 36 incelendiğinde çekme direncine ait EWMA değerlerinin kontrol sınırları içinde olduğu görülmektedir. Ancak çekme direncine ait üstel ağırlıklı hareketli ortalamalar oldukça dalgalı bir görünüm arz etmektedir. Özellikle 8. örneğe kadar çekme direnci değerlerinin düştüğü ve en alt sınıra

ulaştığı, 33. örnekten itibaren ise artarak 41. örnekte en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.



Şekil 36: Çekme direncine ait EWMA kontrol grafiği.

3.1.3.2 Elastikiyet Modülü EWMA Grafikleri

Elastikiyet modülüne ait EWMA değerlerini bulmak için en uygun λ değeri 0,1, L değeri ise 3 olarak alınmıştır. İlk örnek ortalaması (2622,833) için EWMA değeri;

$$z_1 = \lambda x_1 + (1 - \lambda)z_0 = 0,1.(2622,833) + (1 - 0,1).(2557,671) = 2564,187$$

şeklinde olur ve EWMA kontrol grafiğindeki ilk nokta olan $z_1 = 2564,187$ noktası kontrol grafiği üzerinde işaretlenir. İkinci örnek ortalaması (2543,667) için hesaplanacak EWMA değeri ise;

$$z_2 = \lambda x_2 + (1 - \lambda)z_1 = 0,1.(2543,677) + (1 - 0,1).(2564,187) = 2562,138$$

olarak hesaplanır ve $z_2 = 2562,138$ noktası da kontrol grafiğinde işaretlenir. Geriye kalan tüm EWMA değerleri için ($i=1$ 'den $i=42$ 'ye kadar) hesaplamalar benzer şekilde yapılarak grafik üzerine işlenir. Hesaplanan bu değerler Tablo 14'te verilmiştir.

EWMA (z_i) değerleri bulunduktan sonra bu değerlere ait kontrol sınırları ise;

$i=1$ zamandaki ÜDS değeri;

$$\dot{U}DS = 2557,671 + 3.(200,27)\sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}[1-(1-0,1)^{2(1)}]} = 2617,75$$

ADS değeri ise;

$$ADS = 2557,671 - 3.(200,27)\sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}[1-(1-0,1)^{2(1)}]} = 2497,59$$

şeklinde hesaplanır. İkinci örneğe ait $i=2$ zamandaki kontrol sınırları ise;

$$\dot{U}DS = 2557,671 + 3.(200,27)\sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}[1-(1-0,1)^{2(2)}]} = 2638,50$$

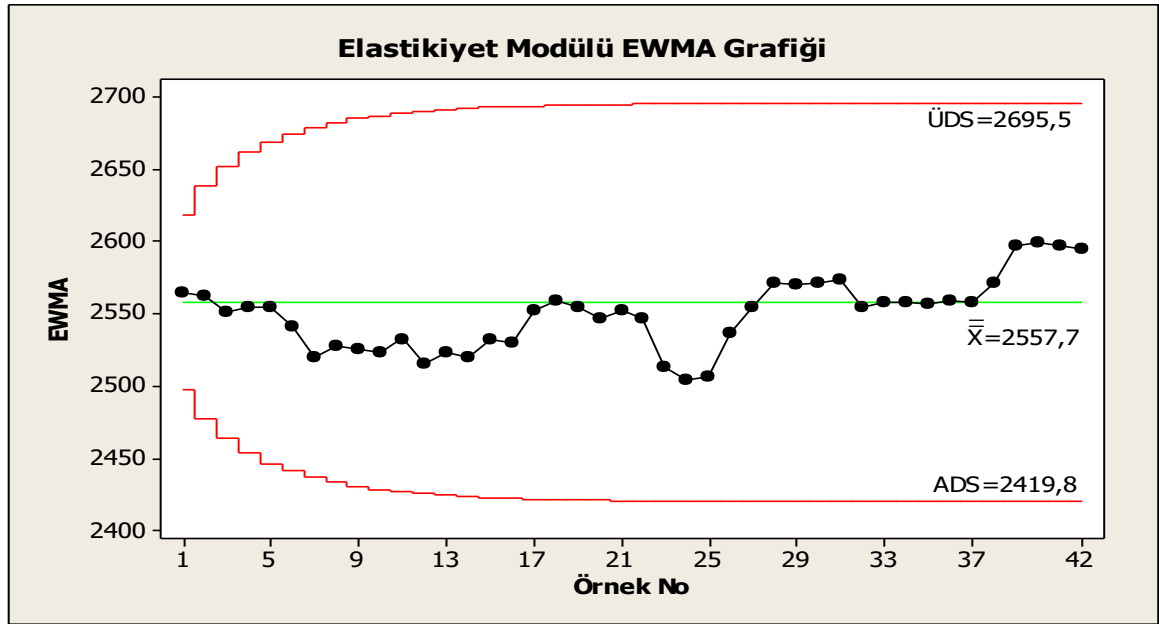
$$ADS = 2557,671 - 3.(200,27)\sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)}[1-(1-0,1)^{2(2)}]} = 2476,84$$

olarak hesaplanır. Diğer zamanlar için hesaplanan kontrol sınırları Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14: Elastikiyet modülüne ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları.

$\bar{\bar{x}} = 2557,671 \quad \sigma = 200,27 \quad \lambda = 0,1$				
i	$\bar{x}$	EWMA (z_i)	Kontrol Sınırları	
			ADS	ÜDS
1	2622,833	2564,187	2497,589	2617,751
2	2543,667	2562,138	2476,839	2638,501
3	2453,5	2551,271	2463,32	2652,02
4	2584,833	2554,628	2453,649	2661,691
5	2553,667	2554,531	2446,431	2668,909
6	2413,5	2540,428	2440,91	2674,43
7	2334,167	2519,802	2436,623	2678,717
8	2596,333	2527,455	2433,259	2682,081
9	2509,5	2525,66	2430,599	2684,741
10	2501	2523,194	2428,485	2686,855
11	2617	2532,574	2426,797	2688,543
12	2358,667	2515,184	2425,446	2689,894
13	2594,167	2523,082	2424,362	2690,978
14	2489,5	2519,724	2423,49	2691,85
15	2645	2532,251	2422,788	2692,552
16	2512,833	2530,31	2422,222	2693,118
17	2746,667	2551,945	2421,765	2693,575
18	2625,667	2559,317	2421,396	2693,944
19	2511,167	2554,502	2421,098	2694,242
20	2476,167	2546,669	2420,857	2694,483
21	2600,667	2552,069	2420,662	2694,678
22	2502,167	2547,078	2420,505	2694,835
23	2211,333	2513,504	2420,377	2694,963
24	2417,833	2503,937	2420,274	2695,066
25	2529	2506,443	2420,19	2695,15
26	2811,333	2536,932	2420,123	2695,217
27	2714,333	2554,672	2420,068	2695,272
28	2717,5	2570,955	2420,024	2695,316
29	2563,167	2570,176	2419,988	2695,352
30	2585,333	2571,692	2419,959	2695,381
31	2593,667	2573,889	2419,935	2695,405
32	2376,333	2554,134	2419,916	2695,424
33	2593,667	2558,087	2419,901	2695,439
34	2555	2557,778	2419,888	2695,452
35	2542,833	2556,284	2419,878	2695,462
36	2577,5	2558,405	2419,87	2695,47
37	2553	2557,865	2419,863	2695,477
38	2693,5	2571,428	2419,858	2695,482
39	2828	2597,086	2419,853	2695,487
40	2612,833	2598,66	2419,85	2695,49
41	2578,333	2596,628	2419,847	2695,493
42	2575	2594,465	2419,845	2695,495

Tablo 14'teki kontrol sınırları ve EWMA değerlerinin kontrol grafiğine işlenmesiyle Şekil 37'deki elastikiyet modülü EWMA grafiği elde edilmiştir. Şekil 37 incelendiğinde elastikiyet modülüne ait üstel ağırlıklı hareketli ortalamaların herhangi bir kontrol dışı sinyal vermediği prosesin kontrol altında olduğu görülmektedir.



Şekil 37: Elastikiyet modülüne ait EWMA kontrol grafiği.

3.1.3.3 Yüzey Sağlamlığı EWMA Grafikleri

Yüzey sağlamlığına ait EWMA değerlerini bulmak için en uygun λ değeri 0,1, L değeri ise 3 olarak alınmıştır. İlk örnek ortalaması (0,91533) için EWMA Değeri;

$$z_1 = \lambda x_1 + (1 - \lambda)z_0 = 0,1.(0,91533) + (1 - 0,1).(1,0436) = 1,0308$$

şeklilde olur ve EWMA kontrol grafiğindeki ilk nokta olan $z_1 = 1,0308$ noktası kontrol grafiği üzerinde işaretlenir. İkinci örnek ortalaması (0,96267) için hesaplanacak EWMA değeri ise;

$$z_2 = \lambda x_2 + (1 - \lambda)z_1 = 0,1.(0,96267) + (1 - 0,1).(1,0308) = 1,0239$$

olarak hesaplanır ve $z_2 = 1,0239$ noktası da kontrol grafiğinde işaretlenir. Geriye kalan tüm EWMA değerleri için ($i=1$ 'den $i=42$ 'ye kadar) hesaplamalar benzer şekilde yapılarak grafik üzerine işlenir. Hesaplanan bu değerler Tablo 15'te verilmiştir.

EWMA (z_i) değerleri bulunduktan sonra bu değerlere ait kontrol sınırları ise;

$i=1$ zamandaki ÜDS değeri;

$$\ddot{UDS} = 1,04358 + 3.(0,1378) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(1)}]} = 1,0849$$

ADS değeri ise;

$$ADS = 1,04358 - 3.(0,1378) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(1)}]} = 1,0022$$

şeklinde hesaplanır. İkinci örneğe ait $i=2$ zamandaki kontrol sınırları ise;

$$\ddot{UDS} = 1,04358 + 3.(0,1378) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(2)}]} = 1,0992$$

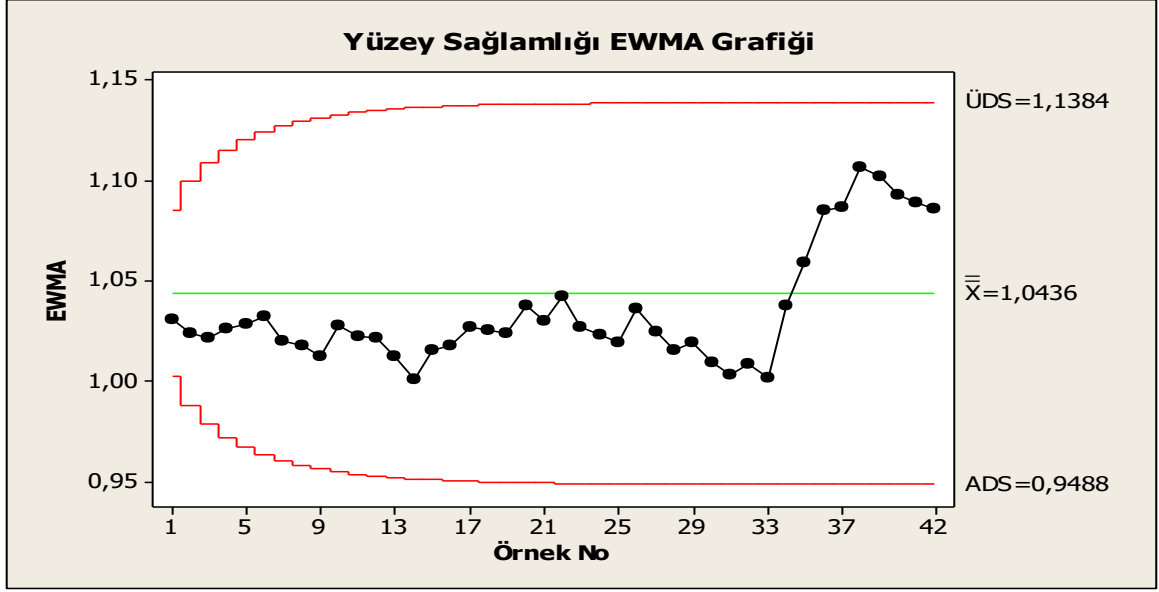
$$ADS = 1,04358 - 3.(0,1378) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(2)}]} = 0,9879$$

olarak hesaplanır. Diğer zamanlar için hesaplanan kontrol sınırları Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15: Yüzey sağlamlığına ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları.

$\bar{\bar{x}} = 1,04358 \quad \sigma = 0,1378 \quad \lambda = 0,1$				
i	$\bar{x}$	EWMA (z_i)	Kontrol Sınırları	
			ADS	ÜDS
1	0,915333	1,030751	1,00226	1,08494
2	0,962667	1,023943	0,987983	1,099217
3	0,998833	1,021432	0,97868	1,10852
4	1,0685	1,026139	0,972026	1,115174
5	1,050333	1,028558	0,967059	1,120141
6	1,062333	1,031936	0,963261	1,123939
7	0,915167	1,020259	0,960311	1,126889
8	0,996333	1,017866	0,957996	1,129204
9	0,960833	1,012163	0,956166	1,131034
10	1,165833	1,02753	0,954711	1,132489
11	0,978	1,022577	0,95355	1,13365
12	1,0155	1,021869	0,952621	1,134579
13	0,929667	1,012649	0,951875	1,135325
14	0,8955	1,000934	0,951275	1,135925
15	1,144667	1,015307	0,950792	1,136408
16	1,042167	1,017993	0,950402	1,136798
17	1,104167	1,026611	0,950088	1,137112
18	1,011167	1,025066	0,949834	1,137366
19	1,015167	1,024076	0,949629	1,137571
20	1,156333	1,037302	0,949463	1,137737
21	0,962167	1,029788	0,949329	1,137871
22	1,1545	1,04226	0,949221	1,137979
23	0,891167	1,02715	0,949133	1,138067
24	0,988	1,023235	0,949062	1,138138
25	0,979333	1,018845	0,949004	1,138196
26	1,187333	1,035694	0,948958	1,138242
27	0,921833	1,024308	0,94892	1,13828
28	0,9365	1,015527	0,94889	1,13831
29	1,052167	1,019191	0,948865	1,138335
30	0,9235	1,009622	0,948845	1,138355
31	0,942667	1,002926	0,948829	1,138371
32	1,059167	1,00855	0,948815	1,138385
33	0,942667	1,001962	0,948805	1,138395
34	1,358333	1,037599	0,948796	1,138404
35	1,25	1,058839	0,948789	1,138411
36	1,317667	1,084722	0,948784	1,138416
37	1,106	1,08685	0,948779	1,138421
38	1,284667	1,106631	0,948775	1,138425
39	1,061167	1,102085	0,948772	1,138428
40	1,009333	1,09281	0,94877	1,13843
41	1,055167	1,089046	0,948768	1,138432
42	1,058333	1,085974	0,948766	1,138434

Tablo 15'teki kontrol sınırları ve EWMA değerlerinin kontrol grafiğine işlenmesiyle Şekil 38'deki yüzey sağlamlığı EWMA grafiği elde edilmiştir. Grafik incelendiğinde yüzey sağlamlığına ait değerlerin kontrol dışı sinyal vermediği gözlemlenmektedir. Ancak değerlerin 34. örneğe kadar ortalamanın altında seyrettiği ve 33. örnekten itibaren çekme direnci değerlerinde olduğu gibi yine dikkat çekecek şekilde artış gösterdiği göze çarpmaktadır. Bunun nedenleri kalite kontrol ekibiyle birlikte araştırılmış ve sonuç kısmında belirtilmiştir.



Şekil 38: Yüzey sağlamlığına ait EWMA kontrol grafiği.

3.1.3.4 Vida Tutma Direnci EWMA Grafikleri

Vida tutma direncine ait EWMA değerlerini bulmak için en uygun λ değeri 0,1, L değeri ise 3 olarak alınmıştır. İlk örnek ortalaması (668,333) için EWMA değeri;

$$z_1 = \lambda x_1 + (1 - \lambda)z_0 = 0,1.(668,333) + (1 - 0,1).(757,984) = 749,019$$

şeklinde olur ve EWMA kontrol grafiğindeki ilk nokta olan $z_1 = 749,019$ noktası kontrol grafiği üzerinde işaretlenir. İkinci örnek ortalaması (639,667) için hesaplanacak EWMA değeri ise;

$$z_2 = \lambda x_2 + (1 - \lambda)z_1 = 0,1.(639,667) + (1 - 0,1).(749,019) = 738,083$$

olarak hesaplanır ve $z_2 = 738,083$ noktası da kontrol grafiğinde işaretlenir. Geriye kalan tüm EWMA değerleri için ($i=1$ 'den $i=42$ 'ye kadar) hesaplamalar benzer şekilde yapılarak grafik üzerine işlenir. Hesaplanan bu değerler Tablo 16'da verilmiştir.

EWMA (z_i) değerleri bulunduktan sonra bu değerlere ait kontrol sınırları ise;

$i=1$ zamandaki ÜDS değeri;

$$\dot{U}DS = 757,984 + 3.(86,67) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(1)}]} = 783,98$$

ADS değeri ise;

$$ADS = 757,984 - 3.(86,67) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(1)}]} = 731,98$$

şeklinde hesaplanır. İkinci örneğe ait $i=2$ zamandaki kontrol sınırları ise;

$$\dot{U}DS = 757,984 + 3.(86,67) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(2)}]} = 792,96$$

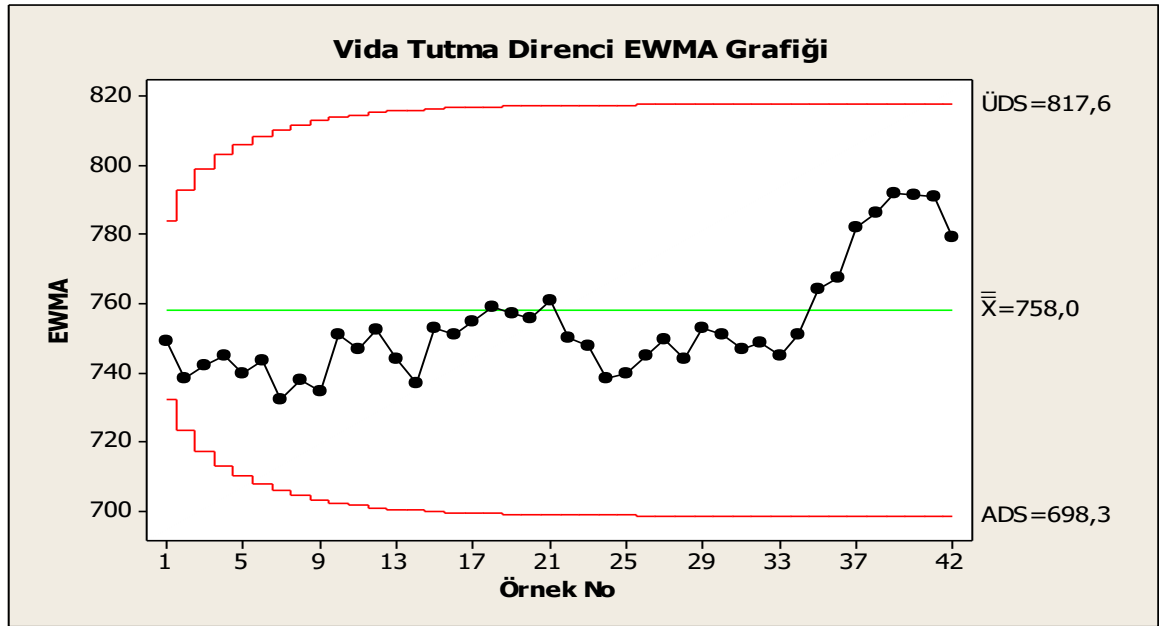
$$ADS = 757,984 - 3.(86,67) \sqrt{\frac{0,1}{(2-0,1)} [1 - (1-0,1)^{2(2)}]} = 723,00$$

olarak hesaplanır. Diğer zamanlar için hesaplanan kontrol sınırları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16: Vida tutma direncine ait EWMA değerleri ve EWMA kontrol sınırları.

$\bar{\bar{x}} = 757,984$		$\sigma = 86,67$	$\lambda = 0,1$	
i	$\bar{x}$	EWMA (z_i)	Kontrol Sınırları	
			ADS	ÜDS
1	668,3333	749,019	731,979	783,981
2	639,6667	738,0838	723,003	792,961
3	776	741,8754	717,148	798,812
4	769,6667	744,6546	712,963	802,997
5	692,6667	739,4558	709,839	806,121
6	780	743,5102	707,45	808,51
7	631	732,2592	705,595	810,365
8	788	737,8333	704,139	811,821
9	703,6667	734,4166	702,988	812,972
10	898	750,7749	702,073	813,887
11	709	746,5974	701,343	814,617
12	804,3333	752,371	700,758	815,202
13	669,3333	744,0673	700,289	815,671
14	673,6667	737,0272	699,911	816,049
15	894	752,7245	699,608	816,352
16	733	750,752	699,363	816,597
17	791,3333	754,8102	699,165	816,795
18	797,3333	759,0625	699,005	816,955
19	737,3333	756,8896	698,876	817,084
20	742	755,4006	698,772	817,188
21	808,6667	760,7272	698,688	817,272
22	651	749,7545	698,62	817,34
23	727,3333	747,5124	698,564	817,396
24	652,6667	738,0278	698,52	817,44
25	756,3333	739,8584	698,484	817,476
26	791	744,9725	698,454	817,506
27	790,6667	749,5419	698,431	817,529
28	691,3333	743,7211	698,411	817,549
29	836,6667	753,0156	698,396	817,564
30	731	750,8141	698,383	817,577
31	710	746,7327	698,373	817,587
32	765,6667	748,6261	698,365	817,595
33	710	744,7635	698,358	817,602
34	808	751,0871	698,353	817,607
35	881	764,0784	698,348	817,612
36	799,3333	767,6039	698,345	817,615
37	911,3333	781,9768	698,342	817,618
38	825	786,2792	698,34	817,62
39	843,3333	791,9846	698,338	817,622
40	788	791,5861	698,336	817,624
41	783	790,7275	698,335	817,625
42	675,6667	779,2214	698,334	817,626

Tablo 16'daki kontrol sınırları ve EWMA değerlerinin kontrol grafiğine işlenmesiyle Şekil 39'daki vida tutma direnci EWMA grafiği elde edilmiştir. Grafik incelendiğinde vida tutma direncine ait EWMA değerlerinin kontrol sınırları içinde olduğu görülmektedir. Yine 33. örnekten itibaren gerçekleşen artış vida tutma direnci değerlerinde de görülmektedir.



Şekil 39: Vida tutma direncine ait EWMA kontrol grafiği.

3.2 Yapay Sinir Ağlarına Ait Bulgular

Bu bölümde yongalevhaların mekanik özelliklerine ait kalite değerlerinin tahmin ve analiz edilmesi amacıyla YSA uygulaması yapılmıştır. YSA ile tahmin aşamasına geçilmeden önce ilk olarak girdi katmanında kullanılan bağımsız değişkenlerin gelecekte alacağı değerlerin bulunması için ARIMA (Box-Jenkins) ile bu değişkenlerin tahmini gerçekleştirilmiştir.

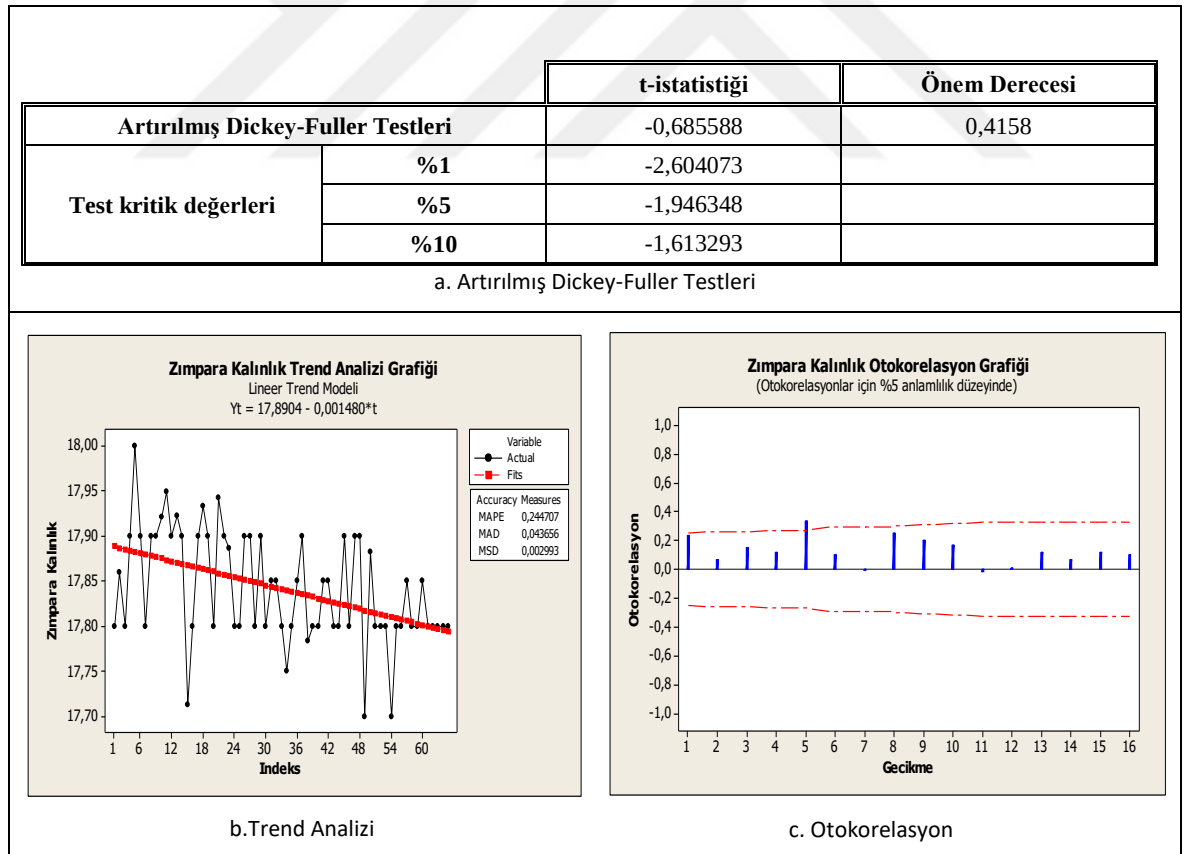
3.2.1 ARIMA (Box-Jenkins Tekniği) İle Değişkenlerin Tahmini

Zaman serisinin durağan olduğu durumlarda yani sürecin ortalamasının, varyansının ve kovaryansının zamana bağlı değişmediği durumlarda ARMA (p,q), ve bu modelin özel hali olan AR(p) ve MA (q) modellerinden uygun olanı kullanılabilir. Ancak gerçekte zaman serilerinin ortalama ve varyansında zamana bağlı değişimler olabilmektedir. Bu durum durağan olmayan durum olarak adlandırılır. Bu tip zaman serileri durağan hale dönüştürüldükten sonra tahmin işleminde kullanılabilir. Zaman serisini durağanlaştırmak ise serinin birinci ve ikinci farklar serisi alınarak yapılmaktadır. Bu durumda model ARIMA (p,d,q) olarak ifade edilmektedir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004; Topçuoğlu vd., 2005; Özdemir ve Bahadır, 2010).

YSA modelinin girdi katmanındaki bağımsız değişkenleri tahmin edebilmek için ilk olarak serilerin durağan olup olmadığı “Dickey-Fuller Testleri” ile incelenmiş, eğer seri durağan değil ise durağan hale getirilerek en uygun zaman serisi modeli belirlenmiş ve daha sonra tahmin işlemine geçilmiştir.

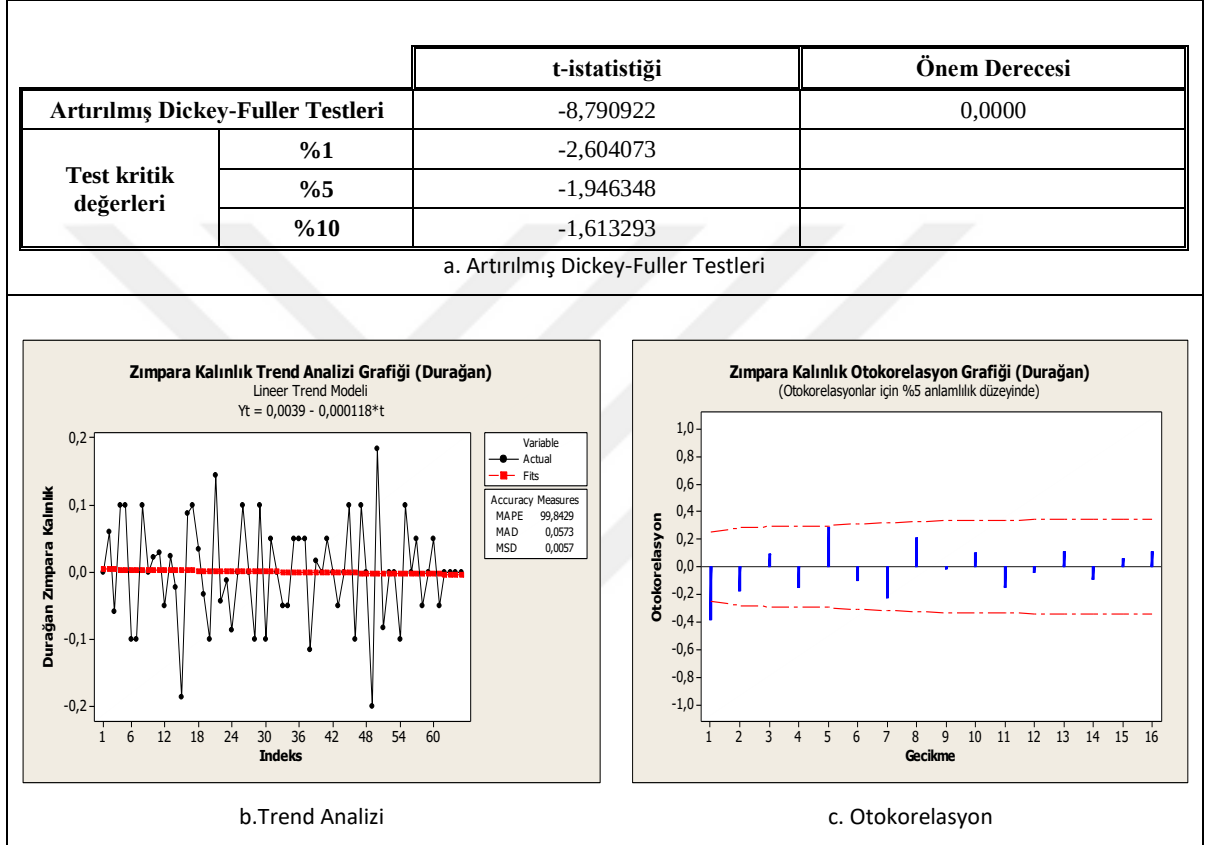
3.2.1.1 Zımpara Kalınlık Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları

Zımpara kalınlık değerlerine ait Dickey-Fuller test istatistiği $-0,685588$ kritik değerlerden büyük olduğu için serinin birim kök içerdiği görülmektedir. Ayrıca önem derecesi $0,4158 > 0,05$ olduğu için seri durağan değildir. Azalan trend analizi ve otokorelasyon değerleri de serinin mevsimsel faktörün etkisinde olduğunu göstermektedir (Şekil 40). Bu nedenle zımpara kalınlık değerleri tahmin işleminden önce birinci farkları alınarak durağan hale getirilmiştir.



Şekil 40: Zımpara kalınlıklarına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

Zımpara kalınlık değerlerinin birinci farkları alındıktan sonra yapılan Dickey-Fuller test sonuçlarına bakıldığında (Şekil 41) test istatistiği -8,790922'nin kritik değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Yani seri birim kök içermemektedir. Yine önem derecesinin de $0,000 < 0,05$ 'den küçük olması serinin durağanlaştığını göstermektedir. Ayrıca trend analizi ve otokorelasyon grafiğine bakıldığında da trend etkisinin ortadan kalktığı ve serinin kesin durağanlaştığı görülmektedir.



Şekil 41: Durağanlaştırılmış zımpara kalınlıklarına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

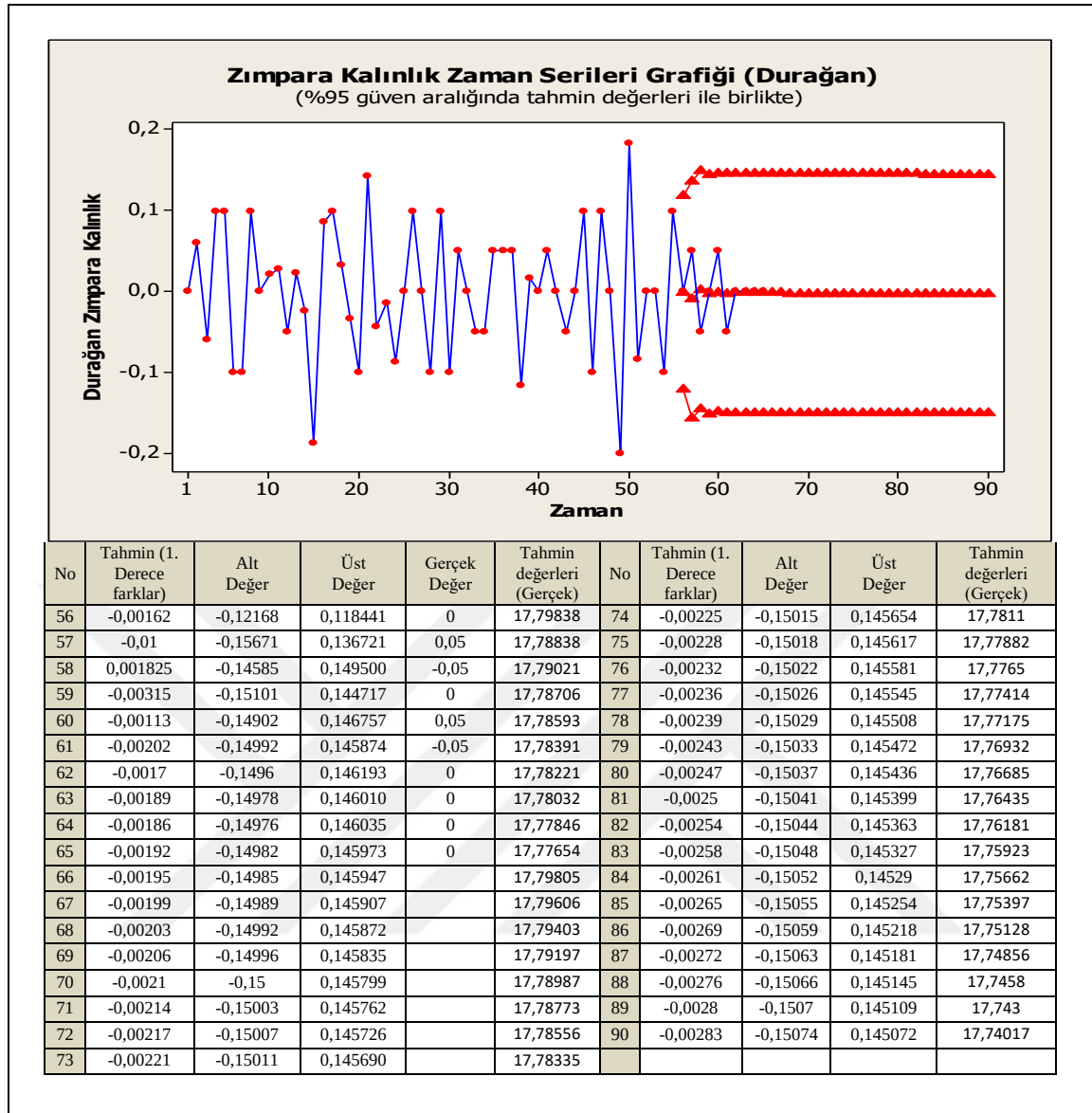
Zımpara kalınlık değerleri birinci farkları alınarak durağan hale getirildikten sonra çeşitli modeller denenmiş ve en uygun model olarak ARIMA (1,1,0) ve ARIMA (1,1,3) modelleri belirlenmiştir. Bu iki modelden en iyi istatistik sonuçları veren ARIMA (1,1,3) uygun model olarak seçilmiştir.

Tablo 17: ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Zımpara kalınlık).

Tip	Katsayılar	Standart Hata	T	P (Önem Derecesi)	
AR 1	-0,4161	0,1286	-3,24	0,002	
MA 1	1,2863	0,0015	870,19	0,000	
MA 2	0,1459	0,1183	1,23	0,222	
MA 3	-0,436	0,1401	-3,11	0,003	
Constant	-5,2E-05	0,000166	-0,31	0,756	
Fark alma	1	Gözlem sayısı (orijinal seri)	65	Gözlem sayısı (fark alma işleminden sonra)	64
SD (Serbeslik Derecesi)	59	MSE (Hata Kareleri Ortalaması)	0,003751	SS (Hata Kareleri Toplamı)	0,221293
Box-pierce (Ljuing box) ki-kare istatistikleri					
Lag (Gecikme)	12	24	36	48	
Ki-kare	15	25,9	35,3	44	
SD	7	19	31	43	
P-Değeri	0,036	0,133	0,274	0,427	

Tablo 17’de ARIMA (1,1,3) modeline ait MINITAB program çıktıları görülmektedir. Tablo incelendiğinde MA(2) hariç diğerlerinin 0,05 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir (Anlamlılık: $p < 0,05$ ise model anlamlıdır). MSE:0,003751 değeri oldukça düşüktür. Ljuing box ki-kare istatistiklerine bakıldığında da modelin %5 ($p > 0,05$) önem derecesinde anlamlı ve yeterli olduğunu söyleyebiliriz. Yani model tahmin için kullanılabilir. (Anlamlılık: Hipotez testlerinde kullanılır, $p > 0,05$ ise model yeterlidir sonucuna ulaşılır).

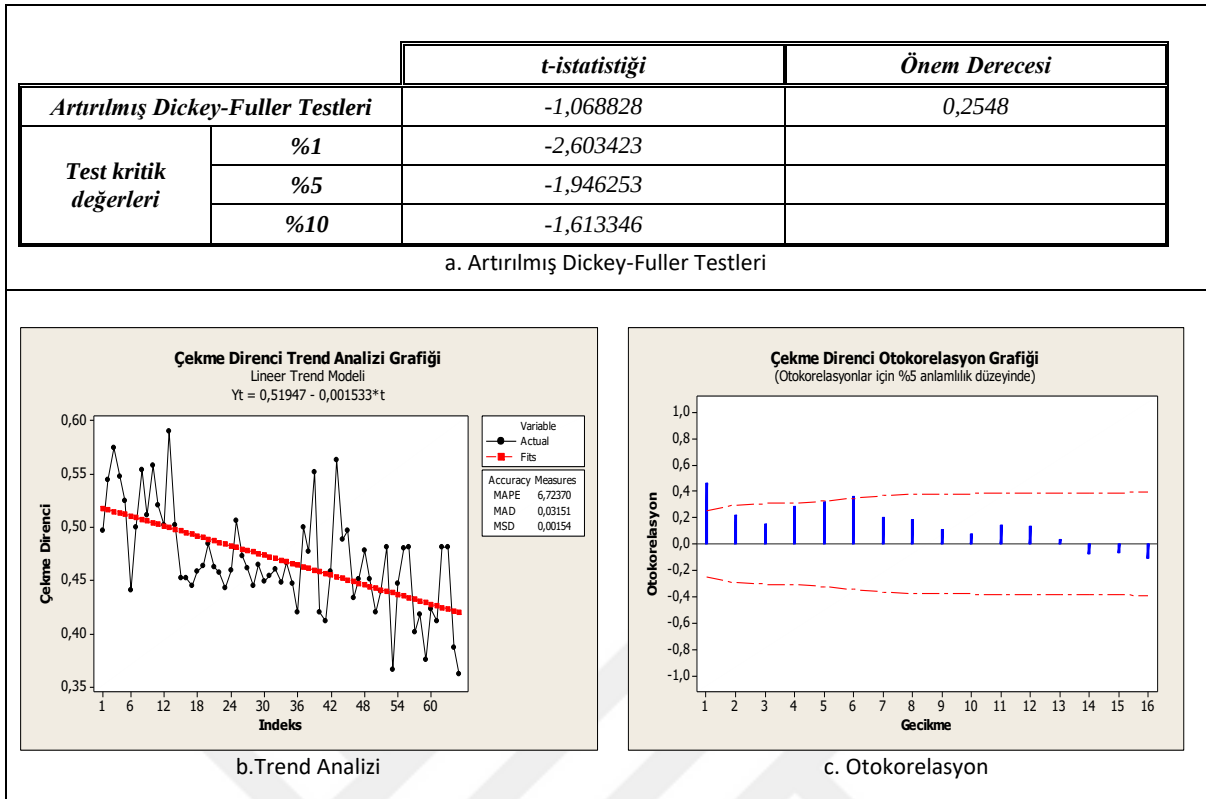
En uygun model belirlenip istatistik olarak geçerli olduğu doğrulandıktan sonra tahmin aşamasına geçilmiştir. Şekil 42’de zımpara kalınlık değerlerine ait mevcut 10 ve gelecek 25 değere ait alt ve üst sınırlar ile tahmin değerleri verilmiştir.



Şekil 42: Zımpara kalınlık değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları.

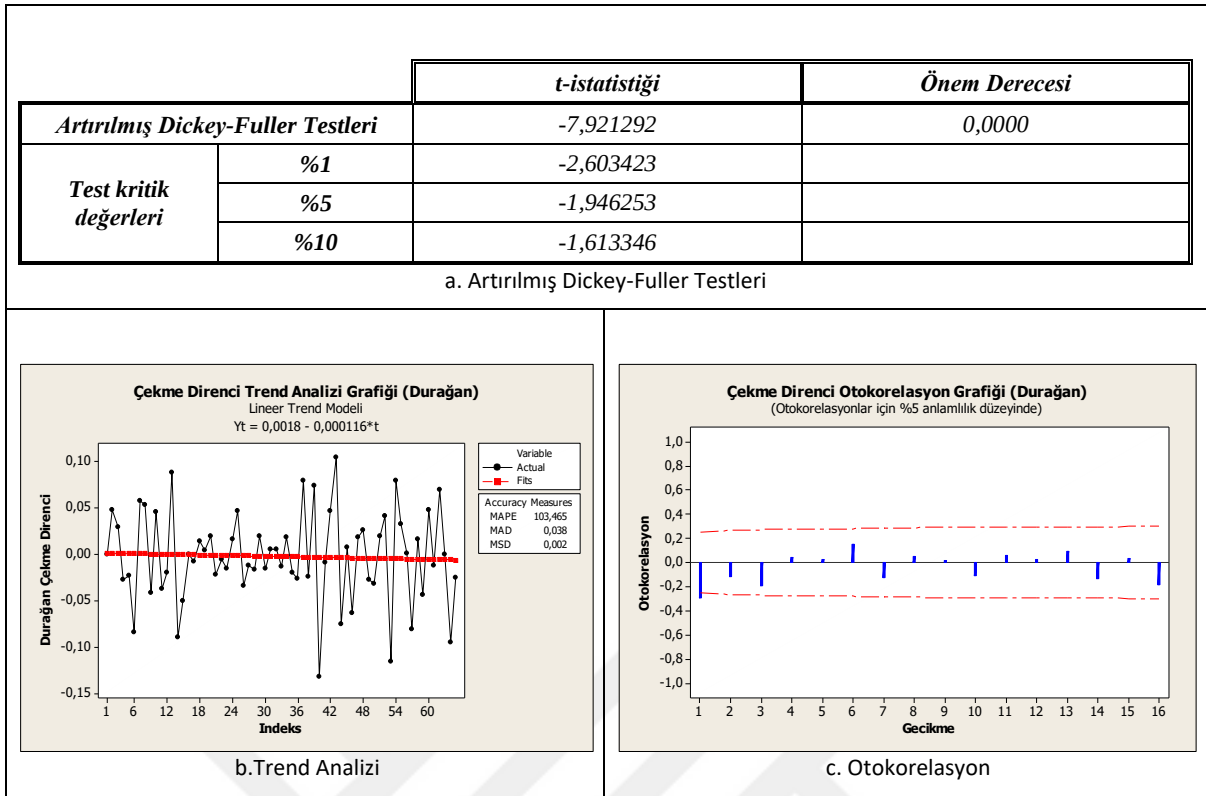
3.2.1.2 Çekme Direnci Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları

Çekme direnci değerlerine ait Dickey-Fuller test istatistiği $-1,068828$ kritik değerlerden büyük olduğu için serinin birim kök içerdiği görülmektedir. Ayrıca önem derecesi $0,2548 > 0,05$ olması da serinin durağan olmadığını göstermektedir. Yine trend analizi ve otokorelasyon değerlerine bakıldığında da serinin mevsimsel faktörün etkisinde olduğu söylenebilir (Şekil 43). Bu nedenle çekme direnci değerleri de zımpara kalınlık değerlerinde olduğu gibi tahmin işleminden önce birinci farkları alınarak durağan hale getirilmiştir.



Şekil 43: Çekme direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

Şekil 44'te birinci farkları alınan çekme direnci değerlerinin Dickey-Fuller test sonuçları görülmektedir. Grafik incelendiğinde test istatistiği -7,921292 değeri kritik değerlerden küçüktür. Aynı şekilde önem derecesi $0,0000 < 0,05$ 'den küçük olması serinin birim kök içermediğini göstermektedir. Trend analizi ve otokorelasyon grafikleri incelendiğinde de serinin tamamen durağanlaştığı söylenebilir.



Şekil 44: Durağanlaştırılmış çekme direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon Değerleri.

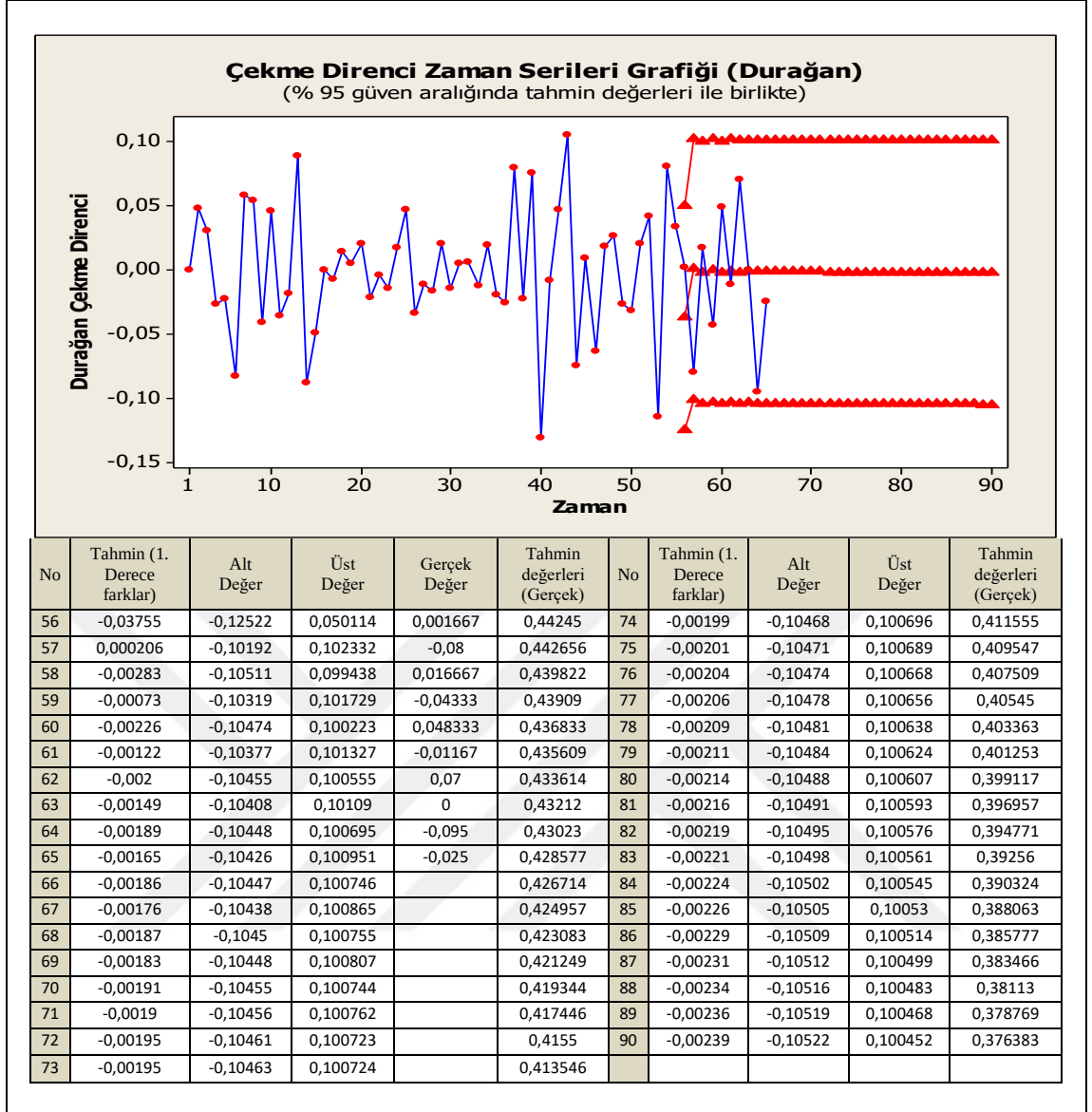
Çekme direnci değerlerinin tahmini için kullanılacak ARIMA modellerinde uygun olanını belirlemek için eldeki verilerin yapısı, tahmin sonuçlarındaki hata kareleri, önem dereceleri, ki-kare istatistikleri incelenmiş ve uygun modeller olarak ARIMA (1,1,1), ARIMA (1,1,3), ARIMA (1,1,4) önerilmiştir. Bu modeller arasından en uygun modelin daha anlamlı değerlere sahip ve daha iyi öngörü performansı gösteren ARIMA (1,1,3) yapısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 18: ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Çekme direnci).

Tip	Katsayılar	Standart hata	T	P (önem derecesi)	
AR 1	-0,7055	0,1946	-3,62	0,001	
MA 1	0,8922	0,1365	6,54	0,000	
MA 2	0,5916	0,2718	2,18	0,034	
MA 3	-0,5108	0,1873	-2,73	0,008	
Constant	-4,3E-05	0,000387	-0,11	0,913	
Fark alma	1	Gözlem sayısı (orijinal seri)	65	Gözlem sayısı (fark alma işleminden sonra)	64
SD (Serbeslik Derecesi)	59	MSE (Hata Kareleri Ortalaması)	0,002000	SS (Hata Kareleri Toplamı)	0,117982
Box-pierce (Ljuing box) ki-kare istatistikleri					
Lag (Gecikme)	12	24	36	48	
Ki-kare	13,2	30,6	47,4	54,5	
SD	7	19	31	43	
P-Değeri	0,068	0,045	0,03	0,113	

Tablo 18’de ARIMA (1,1,3) modeline ait MINITAB program çıktıları görülmektedir. Tablo incelendiğinde tüm parametrelerin 0,05 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir (Anlamlılık: $p < 0,05$ ise model anlamlıdır). MSE: 0,002000 değeri oldukça düşüktür. Ljuing box ki-kare istatistiklerine bakıldığında da modelin %5 ($p > 0,05$) önem derecesinde anlamlı ve yeterli olduğunu söyleyebiliriz. Yani model tahmin için kullanılabilir. (Anlamlılık: Hipotez testlerinde kullanılır, $p > 0,05$ ise model yeterlidir sonucuna ulaşılır).

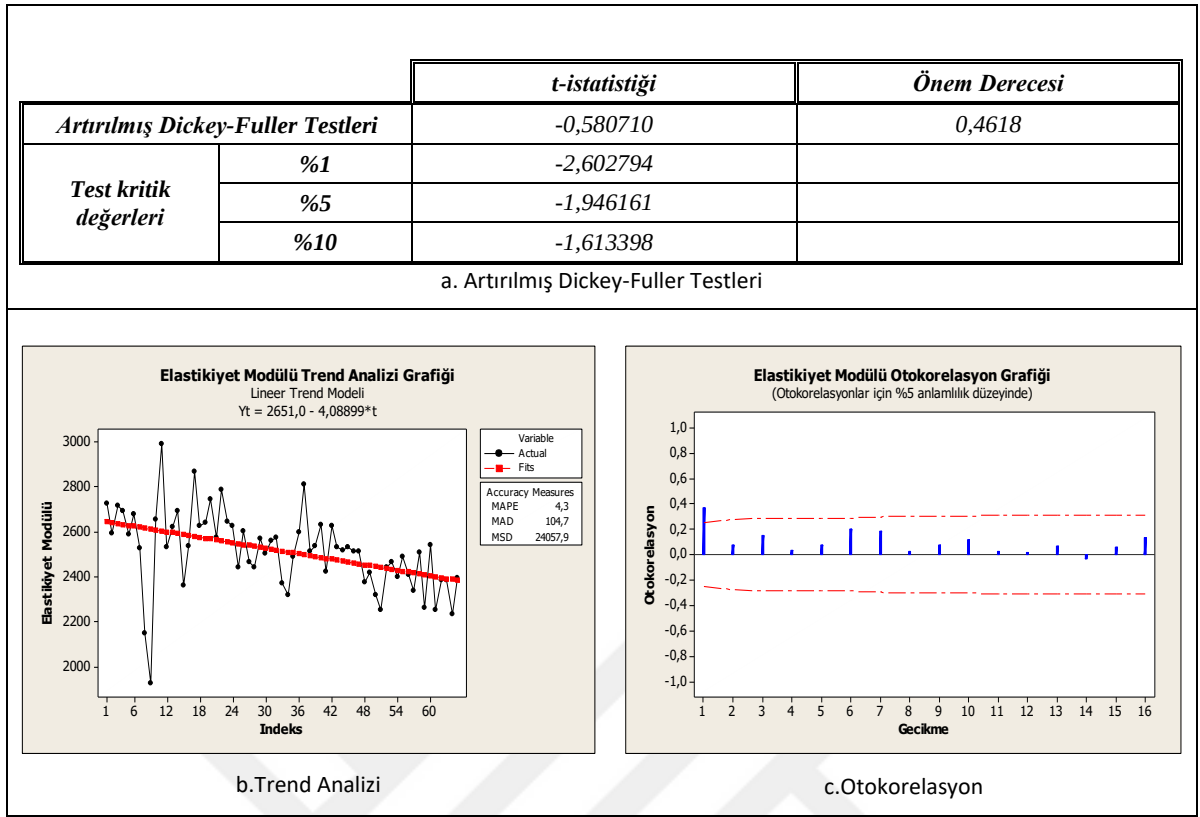
En uygun model belirlenip istatistik olarak geçerli olduğu doğrulandıktan sonra tahmin aşamasına geçilmiştir. Şekil 45’te çekme direnci değerlerine ait mevcut 10 ve gelecek 25 değere ait alt ve üst sınırlar ile tahmin değerleri verilmiştir.



Şekil 45: Çekme direnci değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları.

3.2.1.3 Elastikiyet Modülü Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları

Elastikiyet modülüne ait Dickey-Fuller testlerine, trend analiz ve otokorelasyon grafiklerine bakıldığında serinin durağan olmadığı görülmektedir. Burada 0,4618 önem derecesinin 0,05'den büyük olması ve ayrıca t-istatistiği değerinin (-0,580710) de kritik değerlerden büyük olması serinin mevsimsel faktörlerin etkisi altında olduğunu göstermektedir (Şekil 46). Bu nedenle elastikiyet modülü kalite değerlerinin birinci derece farkları alınarak durağan hale getirilmiştir.

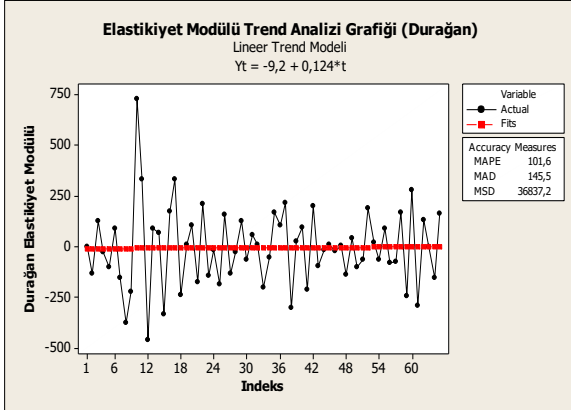


Şekil 46: Elastikiyet modülüne ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

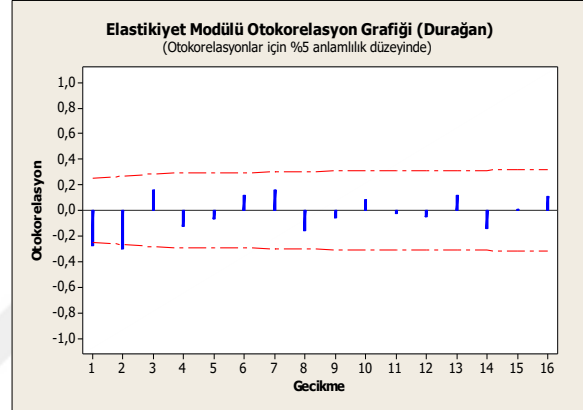
Şekil 47’ de elastikiyet modülü değerlerinin birinci farkları alındıktan sonra yapılan Dickey-Fuller test sonuçları, trend analizi ve otokorelasyon grafikleri görülmektedir. Trend analizi ve otokorelasyon grafikleri incelendiğinde serinin mevsimsel faktörlerin etkisinden arındırıldığı söylenebilir. Yine Dickey-Fuller test istatistiğinin (-9,479099) kritik değerlerden küçük olması ve önem derecesinin $0,0000 < 0,05$ olması serinin birim kök içermediğini ve tamamen durağanlaştığını göstermektedir.

		<i>t-istatistiği</i>	<i>Önem Derecesi</i>
Artırılmış Dickey-Fuller Testleri		-9,479099	0,0000
Test kritik değerleri	%1	-2,602794	
	%5	-1,946161	
	%10	-1,613398	

a. Artırılmış Dickey-Fuller Testleri



b.Trend Analizi



c.Otokorelasyon

Şekil 47: Durağanlaştırılmış elastikiyet modülüne ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

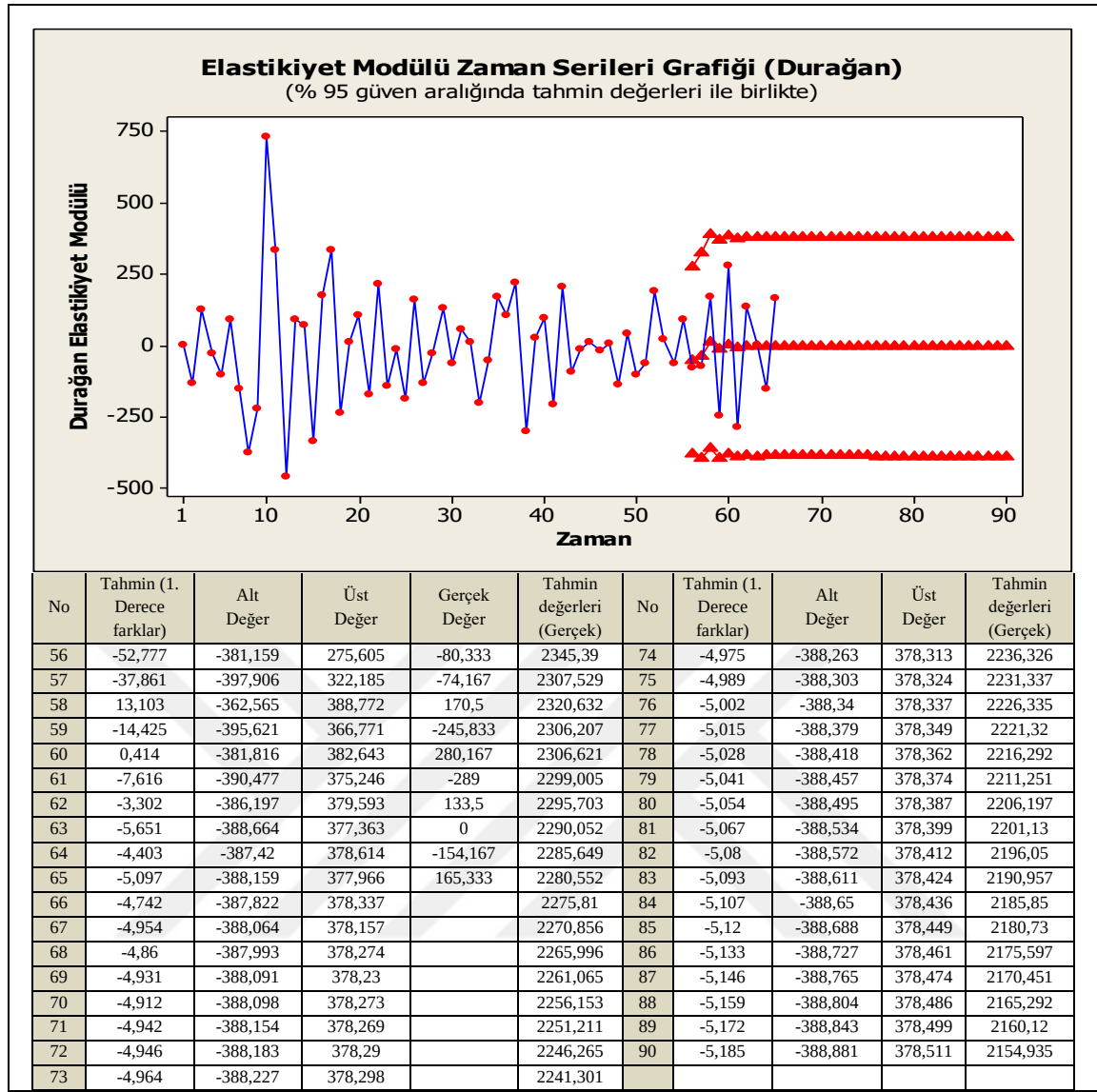
Elastikiyet modülü değerleri durağan hale getirildikten sonra kalite değerlerinin tahmini için kullanılacak ARIMA modellerinde uygun olanını belirlemek için eldeki verilerin yapısı, tahmin sonuçlarındaki hata kareleri, önem dereceleri, ki-kare istatistikleri incelenmiş ve uygun modeller olarak ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(1,1,3) önerilmiştir. Bu modeller arasından en uygun modelin daha anlamlı değerlere sahip ve daha iyi öngörü performansı gösteren ARIMA (1,1,3) yapısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 19: ARIMA(1,1,3) model sonuçları (Elastikiyet modülü).

Tip	Katsayılar	Standart hata	T	P (önem derecesi)	
AR 1	-0,5398	0,1696	-3,18	0,002	
MA 1	0,9098	0,0735	12,38	0,000	
MA 2	0,6593	0,2035	3,24	0,002	
MA 3	-0,5899	0,1379	-4,28	0,000	
Constant	-0,0201	0,8337	-0,02	0,981	
Fark alma	1	Gözlem sayısı (orijinal seri)	65	Gözlem sayısı (fark alma işleminden sonra)	64
SD (Serbeslik Derecesi)	59	MSE (Hata Kareleri Ortalaması)	28059	SS (Hata Kareleri Toplamı)	1655478
Box-pierce (Ljung box) ki-kare istatistikleri					
Lag (Gecikme)	12	24	36	48	
Ki-kare	7,5	16,8	31,1	38	
SD	7	19	31	43	
P-Değeri	0,378	0,601	0,462	0,689	

Tablo 19’da ARIMA (1,1,3) modeline ait MINITAB program çıktıları görülmektedir. Tablo incelendiğinde tüm parametrelerin 0,05 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir (Anlamlılık: $p < 0,05$ ise model anlamlıdır). MSE değeri yüksek olmasına rağmen bu model için kabul edilebilir niteliktedir. Ljung box ki-kare istatistiklerine bakıldığında da modelin %5 ($p > 0,05$) önem derecesinde anlamlı ve yeterli olduğunu söyleyebiliriz. Yani model tahmin için kullanılabilir. (Anlamlılık: Hipotez testlerinde kullanılır, $p > 0,05$ ise model yeterlidir sonucuna ulaşılır).

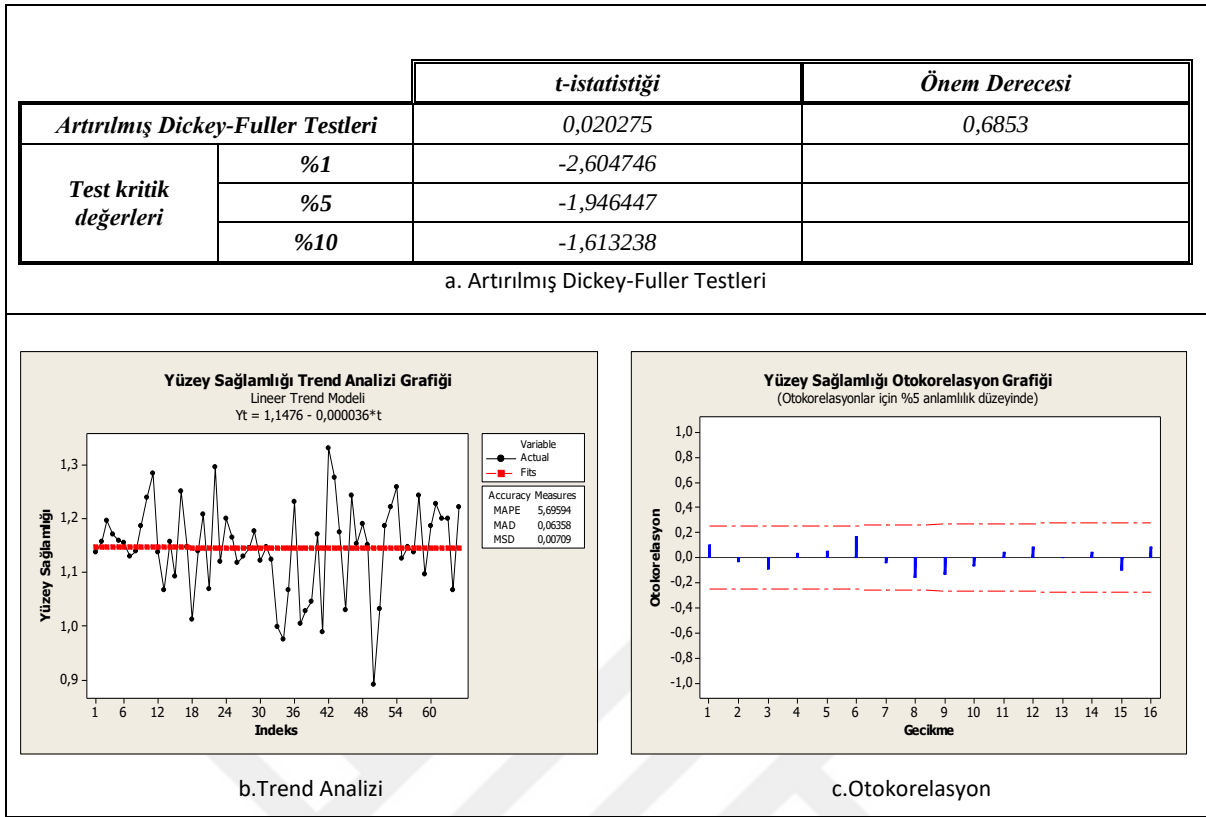
En uygun model belirlenip istatistik olarak geçerli olduğu doğrulandıktan sonra tahmin aşamasına geçilmiştir. Şekil 48’de elastikiyet modülü kalite değerlerine ait mevcut 10 ve gelecek 25 değere ait alt ve üst sınırlar ile tahmin değerleri verilmiştir.



Şekil 48: Elastikiyet modülü değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları.

3.2.1.4 Yüzey Sağlamlığı Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları

Şekil 49’da yüzey sağlamlığı kalite değerlerine ait Dickey-Fuller test sonuçları, trend analizi ve otokorelasyon grafikleri verilmiştir. Trend analizi ve otokorelasyon grafiklerinde yüzey sağlamlığı değerleri durağan bir görünüm arzemiş olmasına rağmen Dickey-Fuller test sonuçları değerlerin durağan olmadığını göstermektedir. Nitekim önem derecesi $0,6853 > 0,05$ olması ve test istatistiği değerinin ($0,020275$) kritik değerlerden büyük olması serinin birim kök içerdiği yani mevsimsel faktörlerin etkisi altında olduğunu göstermektedir.

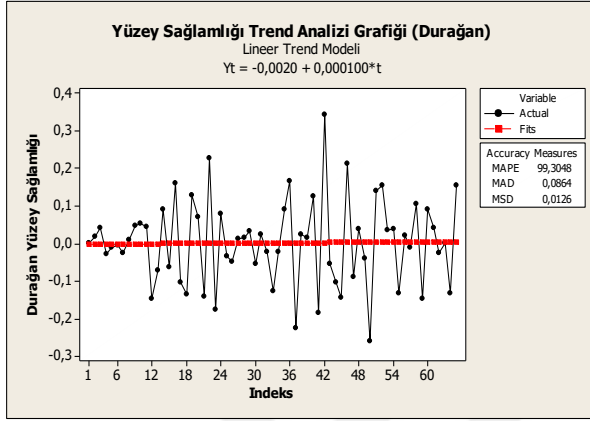


Şekil 49: Yüzey sağlamlığına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

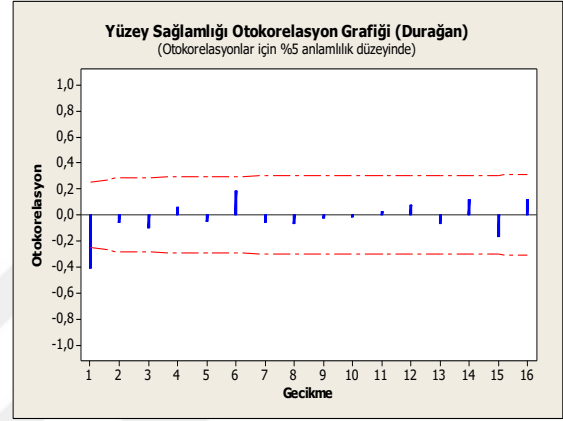
Şekil 50’de birinci farkları alınan yüzey sağlamlığı değerlerinin Dickey-Fuller test sonuçları görülmektedir. Grafik incelendiğinde test istatistiği -7,904899 değeri kritik değerlerden küçüktür. Aynı şekilde önem derecesi $0,00000 < 0,05$ ’den küçük olması serinin birim kök içermediğini göstermektedir. Trend analizi ve otokorelasyon grafikleri incelendiğinde de serinin tamamen durağanlaştığı söylenebilir.

		<i>t-istatistiği</i>	<i>Önem Derecesi</i>
Artırılmış Dickey-Fuller Testleri		-7,904899	0,0000
Test kritik değerleri	%1	-2,603423	
	%5	-1,976253	
	%10	-1,613346	

a. Artırılmış Dickey-Fuller Testleri



b.Trend Analizi



c.Otokorelasyon

Şekil 50: Durağanlaştırılmış yüzey sağlamlığına ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

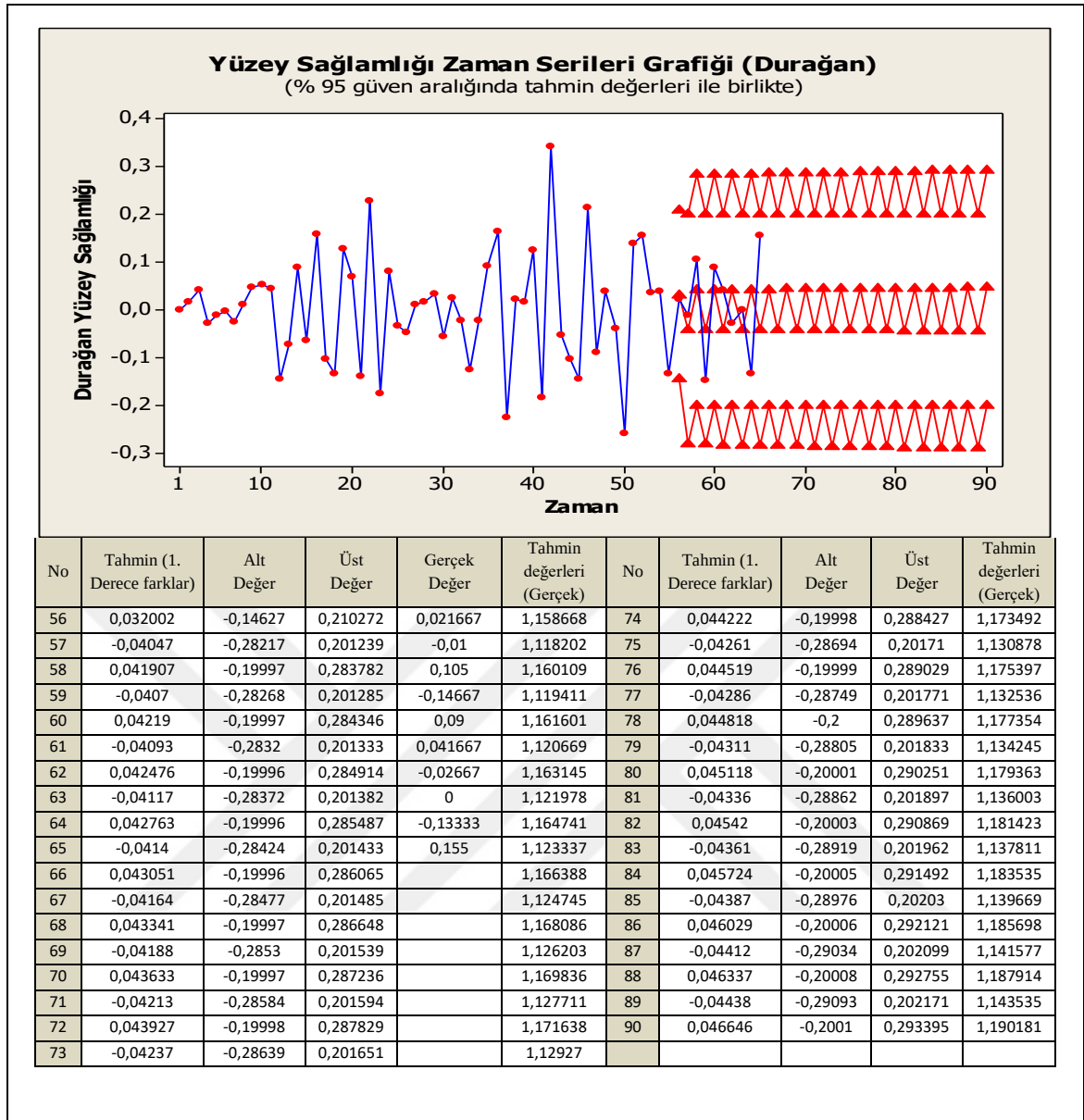
Yüzey sağlamlığı değerleri durağan hale getirildikten sonra kalite değerlerinin tahmini için kullanılacak ARIMA modellerinden uygun olanını belirlemek için eldeki verilerin yapısı, tahmin sonuçlarındaki hata kareleri, önem dereceleri, ki-kare istatistikleri incelenmiş ve uygun modeller olarak ARIMA (0,1,3) ARIMA (1,1,3) önerilmiştir. Bu modeller arasından en uygun modelin daha anlamlı değerlere sahip ve daha iyi öngörü performansı gösteren ARIMA (1,1,3) yapısı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 20: ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Yüzey sağlamlığı).

Tip	Katsayılar	Standart hata	T	P (önem derecesi)	
AR 1	-1,0031	0,0164	-61,3	0,000	
MA 1	0,9125	0,0015	607,34	0,000	
MA 2	0,9551	0,0041	230,69	0,000	
MA 3	-0,8781	0,0064	-136,16	0,000	
Constant	2,54E-05	0,000385	0,07	0,948	
Fark alma	1	Gözlem sayısı (orijinal seri)	65	Gözlem sayısı (fark alma işleminden sonra)	64
SD (Serbeslik Derecesi)	59	MSE (Hata Kareleri Ortalaması)	0,008269	SS (Hata Kareleri Toplamı)	0,487889
Box-pierce (Ljuing box) ki-kare istatistikleri					
Lag (Gecikme)	12	24	36	48	
Ki-kare	10,9	14,7	30,8	39,5	
SD	7	19	31	43	
P-Değeri	0,142	0,742	0,475	0,626	

Tablo 20’de ARIMA (1,1,3) modeline ait MINITAB program çıktıları görülmektedir. Tablo incelendiğinde tüm parametrelerin 0,05 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir (Anlamlılık: $p < 0,05$ ise model anlamlıdır). MSE: 0,008269 değeri oldukça düşüktür. Ljuing box ki-kare istatistiklerine bakıldığında da modelin %5 ($p > 0,05$) önem derecesinde anlamlı ve yeterli olduğunu söyleyebiliriz. Yani model tahmin için kullanılabilir. (Anlamlılık: Hipotez testlerinde kullanılır, $p > 0,05$ ise model yeterlidir sonucuna ulaşılır).

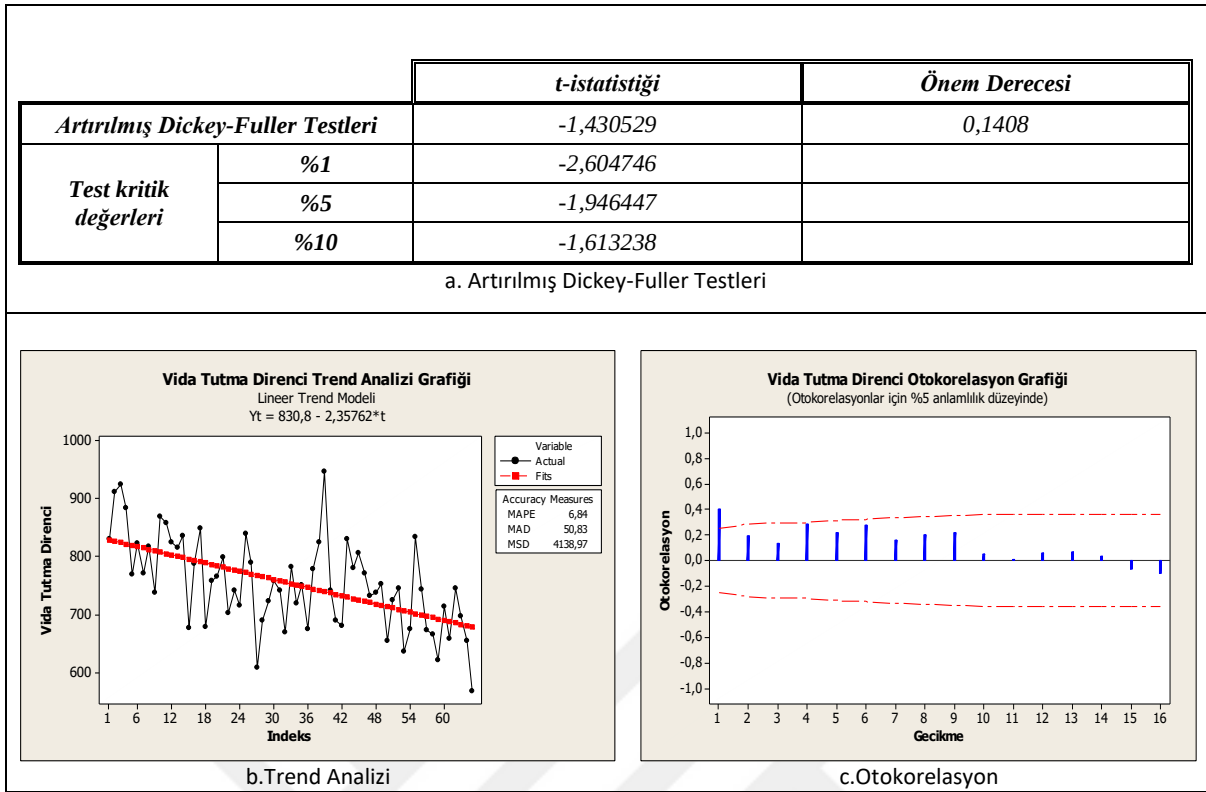
En uygun model belirlenip istatistik olarak geçerli olduğu doğrulandıktan sonra tahmin aşamasına geçilmiştir. Şekil 51’de yüzey sağlamlığı kalite değerlerine ait mevcut 10 ve gelecek 25 değere ait alt ve üst sınırlar ile tahmin değerleri verilmiştir.



Şekil 51: Yüzey sağlamlığı değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları.

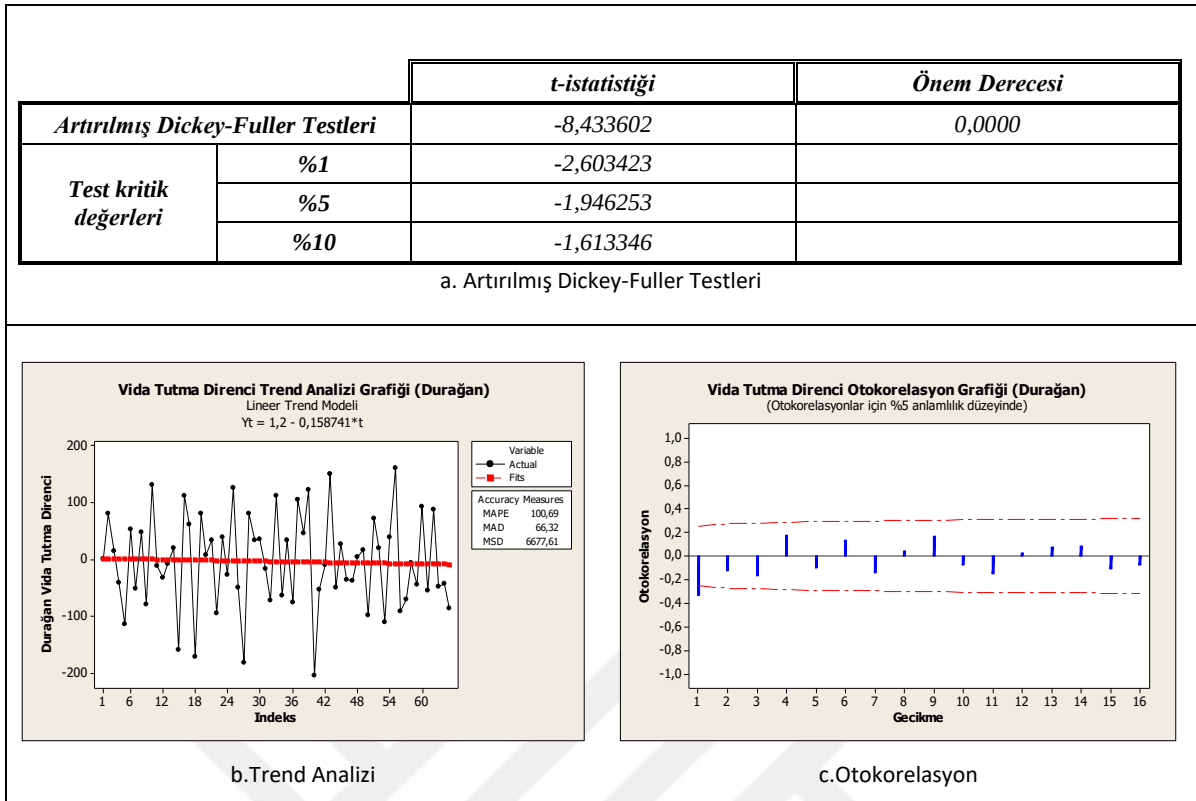
3.2.1.5 Vida Tutma Direnci Değerlerine Ait Dickey-Fuller Testleri, Trend Analizleri, Otokorelasyon Grafikleri ve ARIMA Tahmin Sonuçları

Vida tutma direnci değerlerine ait Dickey-Fuller test istatistiği -1,430529 kritik değerlerden büyük olduğu için serinin birim kök içerdiği görülmektedir. Ayrıca önem derecesi $0,1408 > 0,05$ olduğu için seri durağan değildir. Azalan trend analizi ve otokorelasyon değerleri de serinin mevsimsel faktörün etkisinde olduğunu göstermektedir (Şekil 52). Bu nedenle vida tutma direnci değerleri tahmin işleminden önce birinci farkları alınarak durağan hale getirilecektir.



Şekil 52: Vida tutma direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

Vida tutma direnci değerlerinin birinci farkları alındıktan sonra yapılan Dickey-Fuller test sonuçlarına bakıldığında test istatistiği -8,433602'nin kritik değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Yani seri birim kök içermemektedir. Yine önem derecesinin de $0,000 < 0,05$ 'den küçük olması serinin durağanlaştığını göstermektedir. Ayrıca trend analizi ve otokorelasyon grafiğine bakıldığında da trend etkisinin ortadan kalktığı ve serinin kesin durağanlaştığı görülmektedir (Şekil 53).



Şekil 53: Durağanlaştırılmış vida tutma direncine ait Artırılmış Dickey-Fuller Testi, Trend Analizi ve Otokorelasyon değerleri.

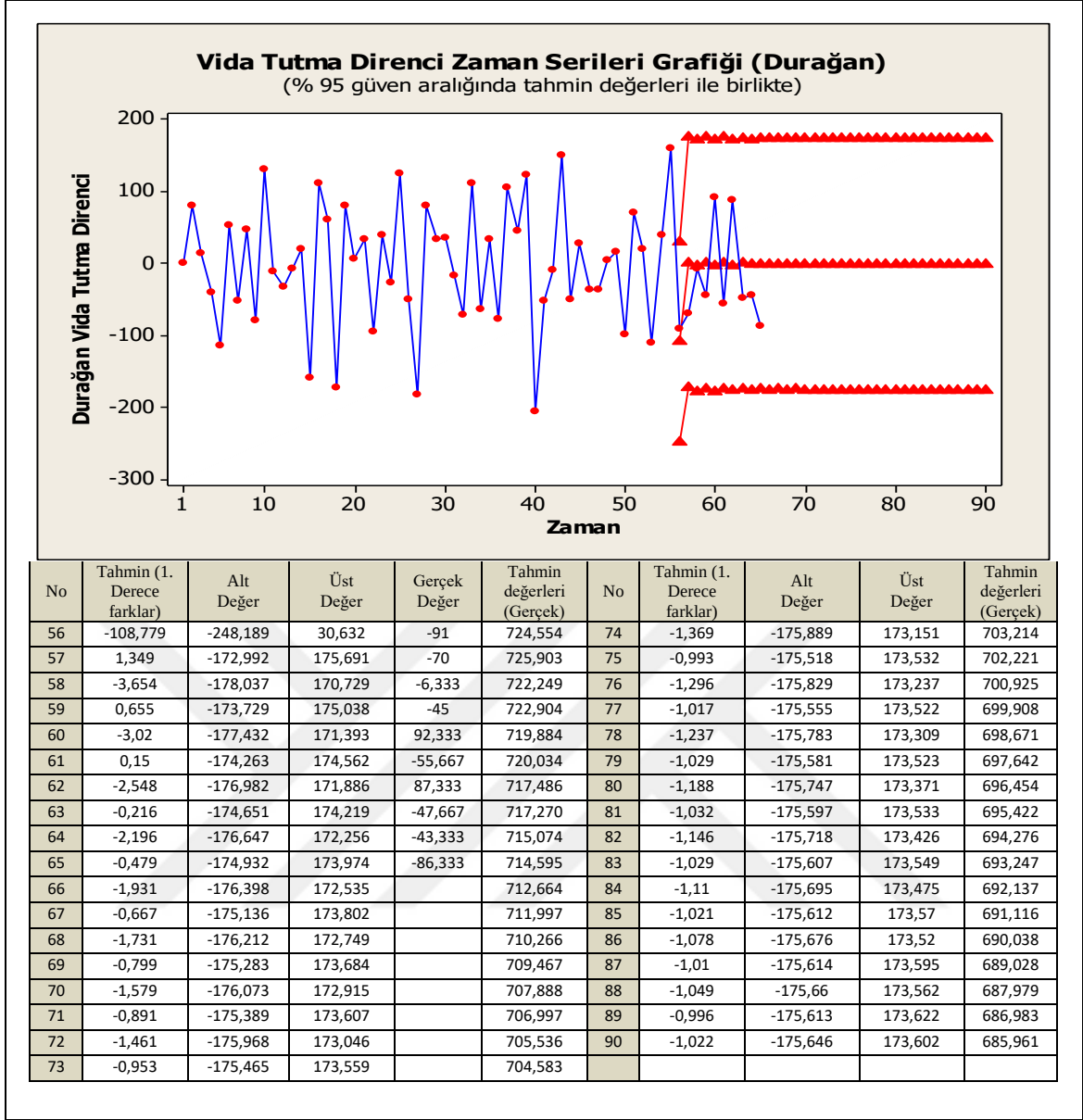
Vida tutma direnci değerleri birinci farkları alınarak durağan hale getirildikten sonra çeşitli modeller denenmiş ve en uygun model olarak ARIMA (1,1,3) modeli belirlenmiş ve tahmin modeli olarak kullanılmıştır.

Tablo 21: ARIMA (1,1,3) model sonuçları (Vida tutma direnci).

Tip	Katsayılar	Standart hata	T	P (önem derecesi)	
AR 1	-0,8573	0,1831	-4,68	0,000	
MA 1	0,8937	0,0964	9,27	0,000	
MA 2	0,7229	0,321	2,25	0,028	
MA 3	-0,6367	0,2281	-2,79	0,007	
Constant	0,0194	0,2648	0,07	0,942	
Fark alma	1	Gözlem sayısı (orijinal seri)	65	Gözlem sayısı (fark alma işleminden sonra)	64
SD (Serbeslik Derecesi)	59	MSE (Hata Kareleri Ortalaması)	5057	SS (Hata Kareleri Toplamı)	298371
Box-pierce (Ljung box) ki-kare istatistikleri					
Lag (Gecikme)	12	24	36	48	
Ki-kare	13,4	26	35,8	44,6	
SD	7	19	31	43	
P-Değeri	0,064	0,13	0,253	0,406	

Tablo 21’de ARIMA (1,1,3) modeline ait MINITAB program çıktıları görülmektedir. Tablo incelendiğinde tüm parametrelerin 0,05 önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir (Anlamlılık: $p < 0,05$ ise model anlamlıdır). Ljung box ki-kare istatistiklerine bakıldığında da modelin %5 ($p > 0,05$) önem derecesinde anlamlı ve yeterli olduğunu söyleyebiliriz. Yani model tahmin için kullanılabilir. (Anlamlılık: Hipotez testlerinde kullanılır, $p > 0,05$ ise model yeterlidir sonucuna ulaşılır).

En uygun model belirlenip istatistik olarak geçerli olduğu doğrulandıktan sonra tahmin aşamasına geçilmiştir. Şekil 54’te vida tutma direnci kalite değerlerine ait mevcut 10 ve gelecek 25 değere ait alt ve üst sınırlar ile tahmin değerleri verilmiştir.



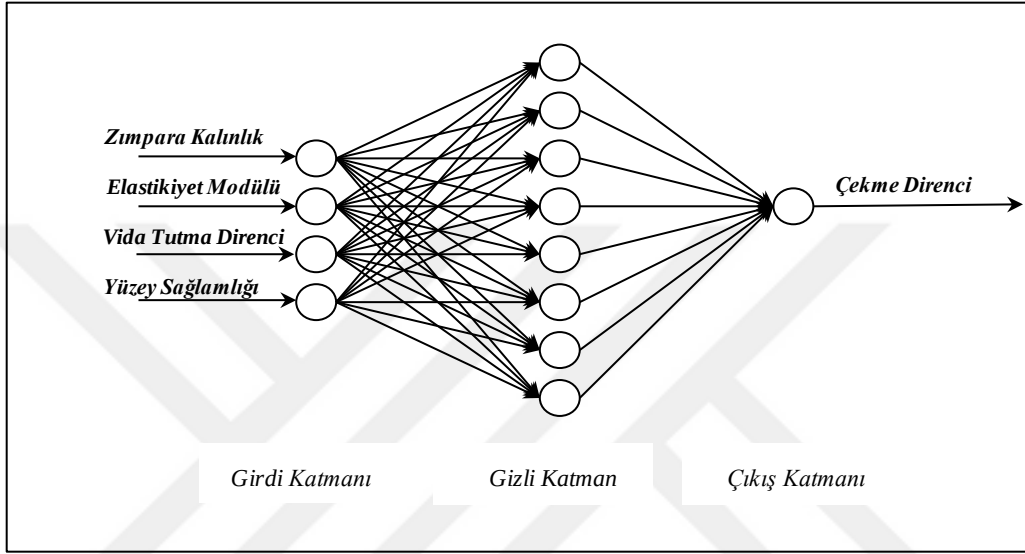
Şekil 54: Vida tutma direnci değerlerine ait ARIMA tahmin sonuçları.

3.2.2 Yapay Sinir Ağı Uygulaması

YSA ile tahmin işleminde, her bir mekanik özelliğin girdi değişkenlerini, kendisi dışındaki diğer mekanik özellikler oluşturmaktadır. Söz gelimi, yüzey sağlamlığı değerlerini tahmin etmek için girdi değişkenleri olarak; çekme direnci, elastikiyet modülü ve vida tutma direnci kullanılmıştır. Bunlara ek olarak zımpara kalınlık değerleri de her bir kalite karakteristiğinin girdi değişkeni olarak modele eklenmiştir.

3.2.2.1 Çekme Direnci Değerlerine Ait YSA Uygulaması

Şekil 55'te çekme direnci için oluşturulan YSA modelinin yapısı görülmektedir. Modelde girdi değişkeni olarak levhalara ait zımpara sonrası kalınlık, elastikiyet modülü, vida tutma direnci ve yüzey sağlamlığı değerleri kullanılmıştır. Çıktı değişkeni ise tahmini yapılacak olan değişken yani çekme direnci değerleri olmuştur.



Şekil 55: Çekme direnci YSA modelinin mimarisi.

Çekme direnci değerlerinin eğitime başlamadan önce öğrenme ve momentum katsayıları farklı varyasyonlarla denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çünkü bu katsayılar ağıın öğrenme performansı açısından önem arz etmekte ve ayrıca tahmin sonuçlarını da etkilemektedir. Momentum katsayısı bir önceki iterasyondaki değişimin belirli bir oranının yeni değişim miktarına eklenmesidir. Momentum katsayısı yerel çözümlere takılan ağların bir sıçrama ile daha iyi sonuçlar bulmasını sağlar. Bu değerın küçük olması yerel çözümlerden kurtulmayı zorlaştırırken, çok büyük olması tek bir çözüme ulaşmakta sorun çıkartabilir.

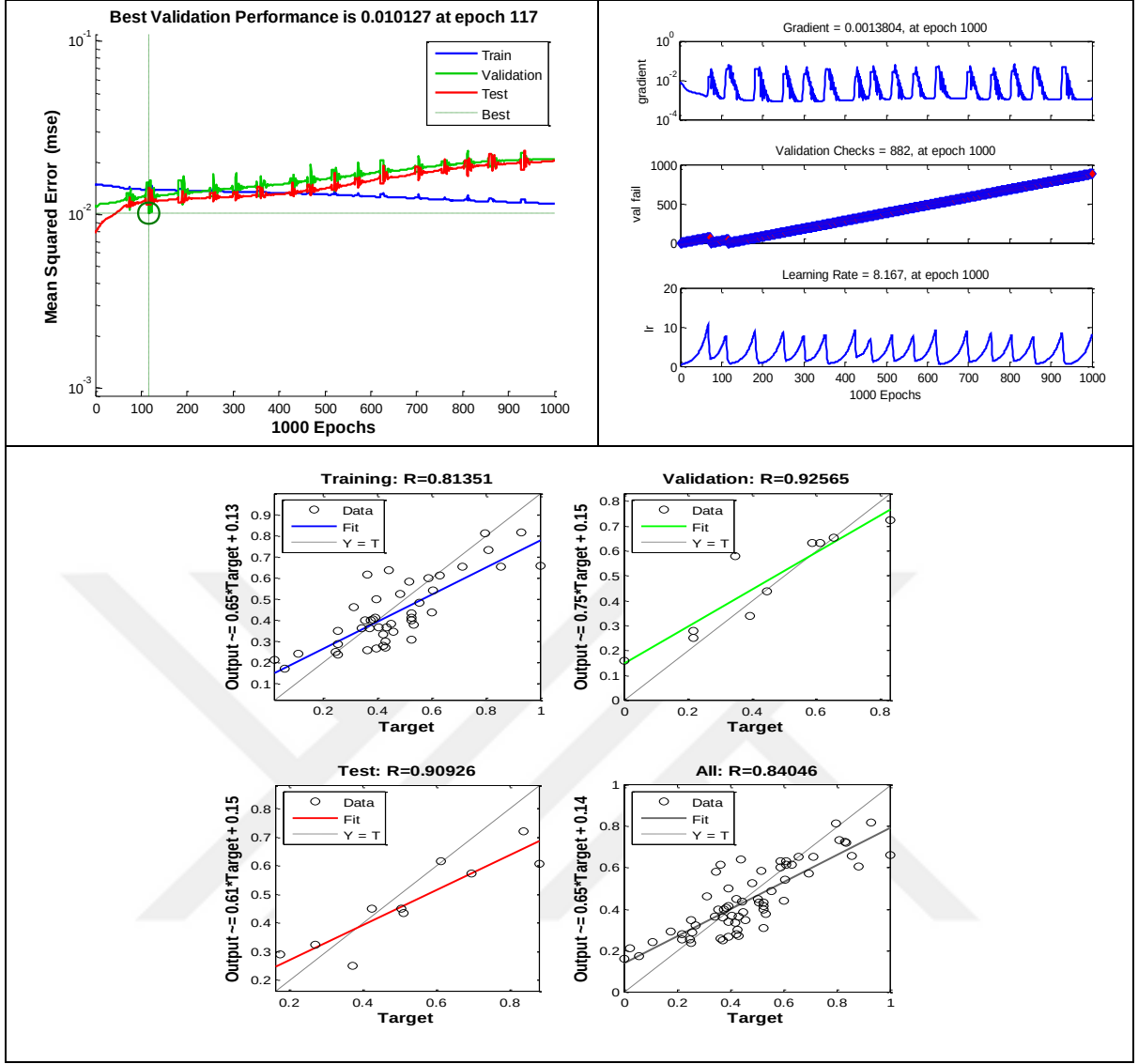
Öğrenme katsayısı ise ağırlıkların değişim miktarını belirler ve eğer büyük değerler seçilirse yerel çözümler arasında ağıın dolaşması, küçük değerler seçilirse öğrenme zamanının artması söz konusu olur (Öztemel, 2016). 81 adet farklı deneme sonucu Tablo 22'de en iyi performansı veren 5 adet momentum, öğrenme katsayısı ve bunlarının MSE

performans değerleri verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere çekme direnci için en uygun öğrenme katsayısı; 0,4, momentum katsayısı ise; 0,7 olarak belirlenmiştir.

Tablo 22: Çekme direnci YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları.

Deneme No	�ğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	MSE
34	0,4	0,7	0,0107
44	0,5	0,8	0,0161
66	0,8	0,3	0,0134
67	0,8	0,4	0,0114
78	0,9	0,6	0,0131

şekil 56 'da ağın  ğitimi sonucunda çekme direnci değerlerine ait her iterasyondaki  ğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin değişimini,  ğitim durumunu ve regresyon değerlerini gösteren grafik yer almaktadır. Grafik incelendiğinde regresyon değerlerinin  ğitim, doğrulama ve test aşamalarında %80'in üzerinde çıktığı görülmektedir. En iyi MSE değeri, giriş verisinin ağdaki çevrim sayısını belirten epoch (yineleme sayısı) 117 de 0,010127 olarak elde edilmiştir.



Şekil 56: Çekme direnci YSA modeline ilişkin performans sonuçları.

Modelin eğitim başarısı ve tahmin yeteneğini görebilmek için ağ daha önce hiç görmediği test verileri ile sınanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 23'te modelin tahmin ettiği test kümesinin tahmin değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırması ve bunlara ait hata performans ölçütleri MSE, MAD ve MAPE değerleri görülmektedir. Çekme direnci test verilerine ait Ortalama Mutlak Sapma (MAD): 0,02390, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE): 5,6948, Ortalama hata kareleri (MSE): 0,00075 olarak bulunmuştur. Test kümesinden elde edilen düşük performans ölçütleri ağın eğitiminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini ve etkili tahminler gerçekleştirebilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 23: Çekme direnci gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için).

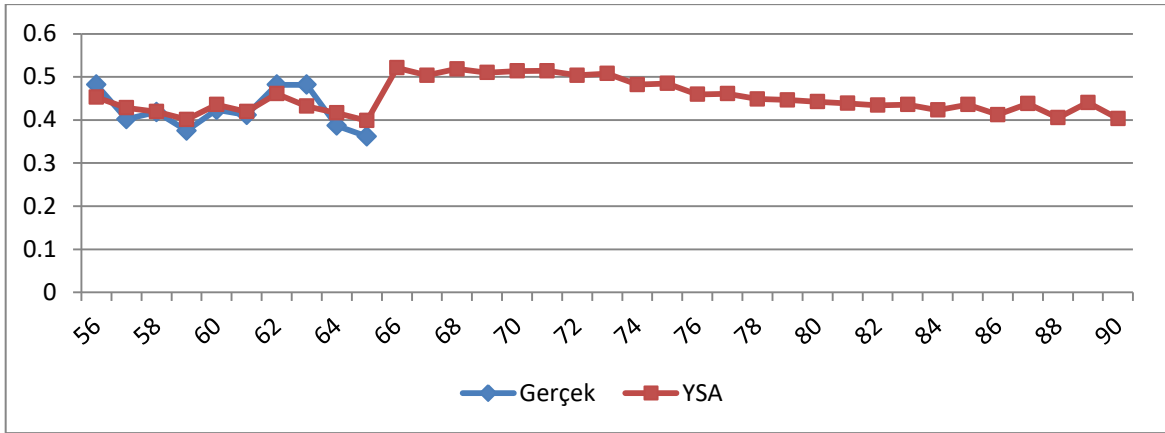
Örnek No	Gerçek Değerler	Tahmin değerleri	MAD	MAPE	MSE
56	0,481667	0,452867864	0,028799136	5,97905526	0,000829
57	0,401667	0,428163293	0,026496293	6,596581898	0,000702
58	0,418333	0,41915212	0,00081912	0,195805676	6,71E-07
59	0,375	0,400931089	0,025931089	6,914957101	0,000672
60	0,423333	0,435619174	0,012286174	2,902248001	0,000151
61	0,411667	0,419433833	0,007766833	1,886678472	6,03E-05
62	0,481667	0,460910831	0,020756169	4,30923616	0,000431
63	0,481667	0,432048039	0,049618961	10,30150729	0,002462
64	0,386667	0,416455527	0,029788527	7,703922646	0,000887
65	0,361667	0,398406418	0,036739418	10,15835499	0,00135
GENEL			0,02390017	5,69483475	0,00075

Modelin eğitim, test ve doğrulama işlemlerinden sonra çekme direnci ortalamalarına ait gelecek 25 veri model tarafından tahmin edilmiş ve Tablo 24 ‘deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 24: Çekme direncine ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri.

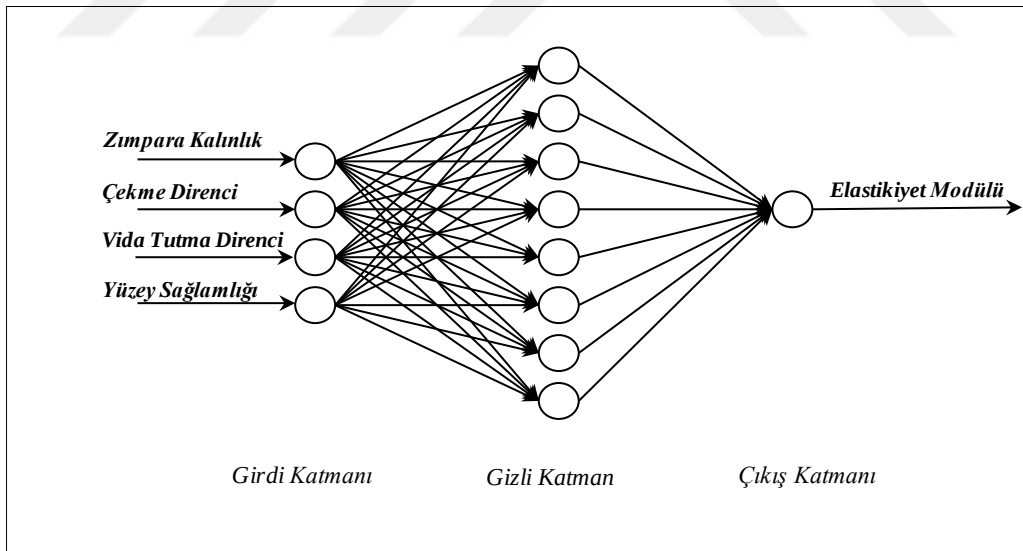
Örnek No	Çekme Direnci Tahmin Değerleri	Örnek No	Çekme Direnci Tahmin Değerleri
66	0,5210573	79	0,4463164
67	0,5036308	80	0,4422152
68	0,5183586	81	0,4386766
69	0,5098761	82	0,4340124
70	0,5137589	83	0,4356717
71	0,5139893	84	0,4229922
72	0,5037312	85	0,4357969
73	0,5077596	86	0,4122127
74	0,4820634	87	0,437795
75	0,4846597	88	0,4053429
76	0,4594425	89	0,4403176
77	0,4607658	90	0,4032552
78	0,4485973		

Model sonuçlarının genel olarak değerlendirildiği Şekil 57’de ise, gerçek çekme direnci ortalamaları ile test edilen çekme direnci ortalamalarının grafiksel gösterimi yer almaktadır. Şekilden de görüldüğü üzere mevcut ortalamalara ait tahmin başarısı oldukça iyi olup, bazı test değerlerinin gerçek değerlere çok yakın olarak tahminlendiği görülmektedir. Ayrıca grafikte çekme direncine ait gelecek 25 ortalamasının değişimi de gözler önüne serilmiştir. Model, çekme direncine ait tahmin değerlerinde periyodik olarak bir düşüş yaşanacağını öngörmüştür.



3.2.2.2 Elastikiyet Modülü Değerlerine Ait YSA Uygulaması

Şekil 58’de ise elastikiyet modülü için oluşturulan YSA modelinin yapısı görülmektedir. Girdi değişkenleri olarak levhalara ait zımpara sonrası kalınlık, çekme direnci, vida tutma direnci ve yüzey sağlamlığı değerleri kullanılmıştır. Çıktı değişkeni ise tahmini yapılacak olan değişken yani elastikiyet modülü değerleri olmuştur.



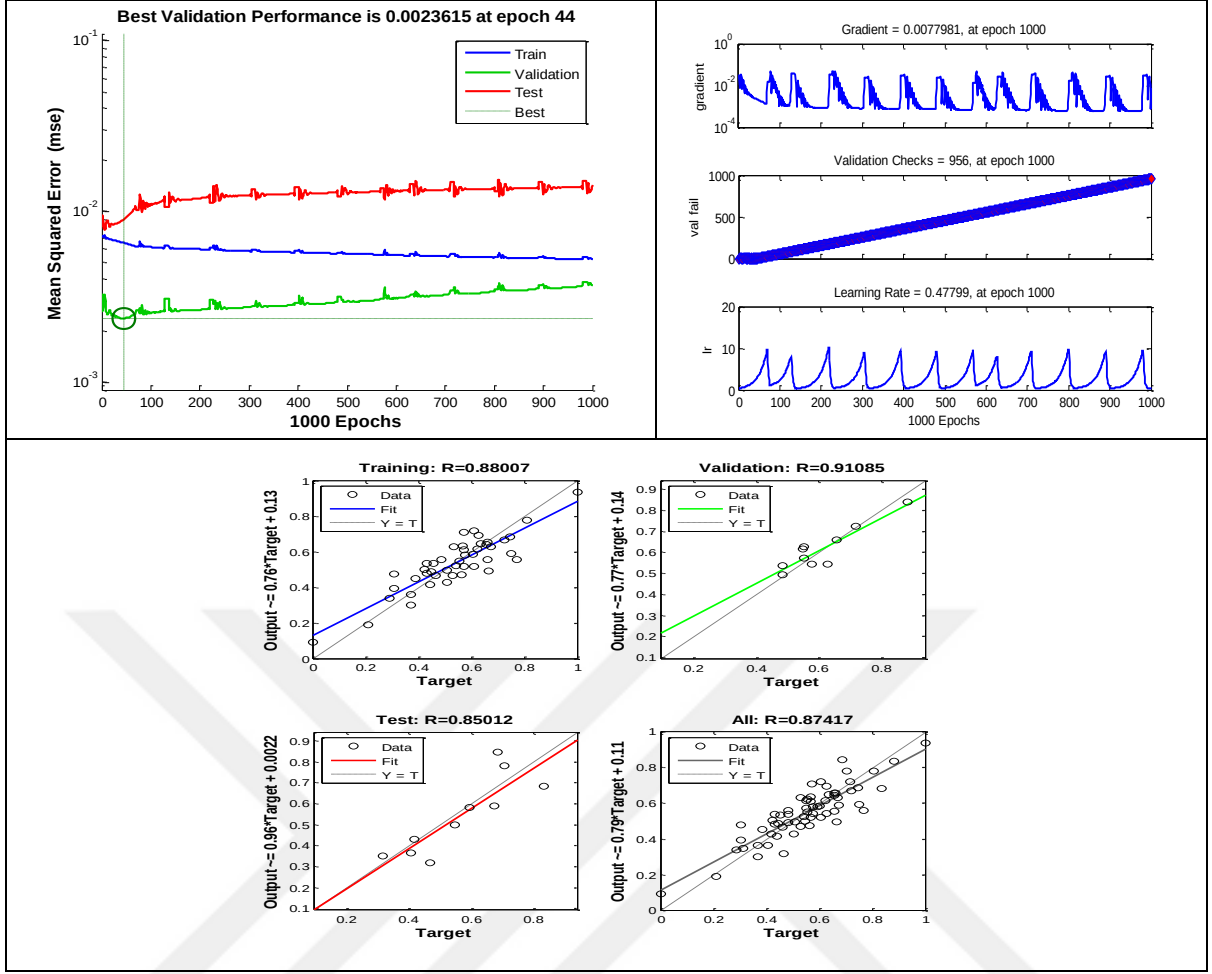
Elastikiyet modülü değerlerinin eğitime başlamadan önce öğrenme ve momentum katsayıları farklı varyasyonlarla denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. 81 adet farklı deneme sonucu Tablo 25'te en iyi performansı veren 5 momentum ve öğrenme

katsayılarının MSE değerleri verilmiştir. Elastikiyet modülü için en uygun öğrenme katsayısı; 0,6, momentum katsayısı ise; 0,8 olarak belirlenmiştir.

Tablo 25: Elastikiyet modülü YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları.

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	MSE
19	0,3	0,1	0,00321
28	0,4	0,1	0,00424
29	0,4	0,2	0,00367
44	0,5	0,8	0,00298
53	0,6	0,8	0,00286

Model için en uygun parametreler belirlendikten sonra ağı eğitimi aşamasına geçilmiştir. Şekil 59’da ağı eğitimi sonucunda elastikiyet modülü değerlerine ait her iterasyondaki eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin hata değerlerinin değişimi, eğitim durumu ve regresyon değerlerini gösteren grafik yer almaktadır. Grafik incelendiğinde eğitim, doğrulama ve test regresyon değerlerinin %85’in üzerinde başarıyla gerçekleştiği görülmektedir. En iyi MSE değeri ise 44. iterasyonda 0,0023615 olarak elde edilmiştir.



Şekil 59: Elastikiyet modülü YSA modeline ilişkin performans sonuçları.

Modelin eğitim başarısı ve tahmin yeteneğini görebilmek için ağ daha önce hiç görmediği test verileri ile sınanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 26’da modelin tahmin ettiği test kümesinin tahmin değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırması ve bunlara ait hata performans ölçütleri MSE, MAD ve MAPE değerleri görülmektedir. Elastikiyet modülüne ait MAD değeri: 70,89; MAPE değeri: 3,021 ve MSE değeri ise: 6969,58 olarak bulunmuştur. Sonuçlar ağın eğitiminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini ve etkili tahminler gerçekleştirebilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 26: Elastikiyet modülü gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için).

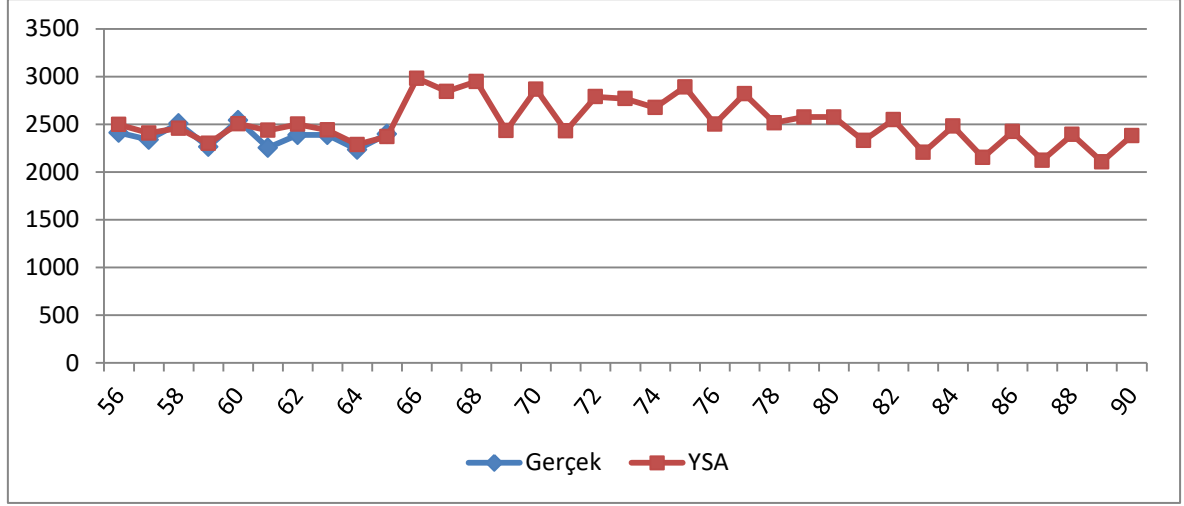
Örnek No	Gerçek Değerler	Tahmin Değerleri	MAD	MAPE	MSE
56	2411,83	2496,9161	85,08274	3,527721	7239,073
57	2337,66	2407,9113	70,24465	3,004904	4934,311
58	2508,16	2458,7836	49,38302	1,968889	2438,683
59	2262,3	2298,7184	36,38505	1,608298	1323,872
60	2542,5	2504,2217	38,27826	1,505536	1465,225
61	2253,5	2435,5461	182,0461	8,078371	33140,78
62	2387	2499,2648	112,2648	4,703176	12603,39
63	2387	2439,862	52,86204	2,214581	2794,395
64	2232,83	2287,4963	54,66296	2,448143	2988,039
65	2398,16	2370,4538	27,71284	1,155584	768,0014
GENEL			70,8922	3,02152	6969,58

Eğitim başarıyla tamamlandıktan sonra tahmin işlemine geçilmiştir. Tablo 27’de elastikiyet modülü değerlerine ait gelecek 25 ölçümün tahmin sonuçları verilmiştir.

Tablo 27: Elastikiyet modülüne ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri.

Örnek No	Elastikiyet Modülü Tahmin Değerleri	Örnek No	Elastikiyet Modülü Tahmin Değerleri
66	2981,5293	79	2574,8445
67	2843,1802	80	2574,827
68	2947,1248	81	2329,7878
69	2432,3776	82	2548,715
70	2866,8458	83	2205,7068
71	2428,8833	84	2480,4401
72	2789,1111	85	2150,9754
73	2768,8323	86	2423,1499
74	2674,0435	87	2122,9393
75	2890,1841	88	2393,1641
76	2501,276	89	2105,2631
77	2819,0843	90	2380,4713
78	2514,3604		

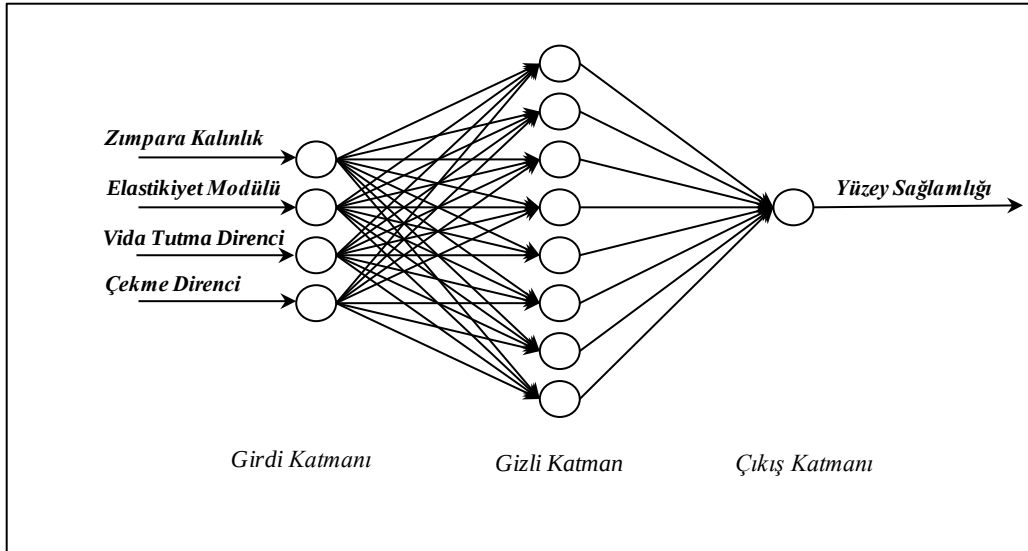
Şekil 60’da ise gerçek elastikiyet modülü ortalamaları ile test için kullanılan ve tahmini yapılan elastikiyet modülü ortalamalarının grafiksel gösterimi görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere mevcut ortalamalara ait tahmin başarısı oldukça iyi olup, birçok değer gerçek değerlere yakın olduğu görülmektedir. Gelecek 25 değer tahmin sonuçlarına bakıldığında ise çekme direncinde olduğu gibi bir azalma öngörülmüştür.



Şekil 60: Elastikiyet modülü YSA tahmin grafiği.

3.2.2.3 Yüzey Sağlamlığı Değerlerine Ait YSA Uygulaması

Şekil 61’de yüzey sağlamlığı değerleri için oluşturulan YSA modelinin yapısı verilmiştir. Modelde girdi değişkenleri olarak levhalara ait zımpara sonrası kalınlık, çekme direnci, vida tutma direnci ve elastikiyet modülü değerleri kullanılırken, çıktı değişkeni ise tahmini yapılacak olan değişken yani yüzey sağlamlığı değerleri olmuştur.



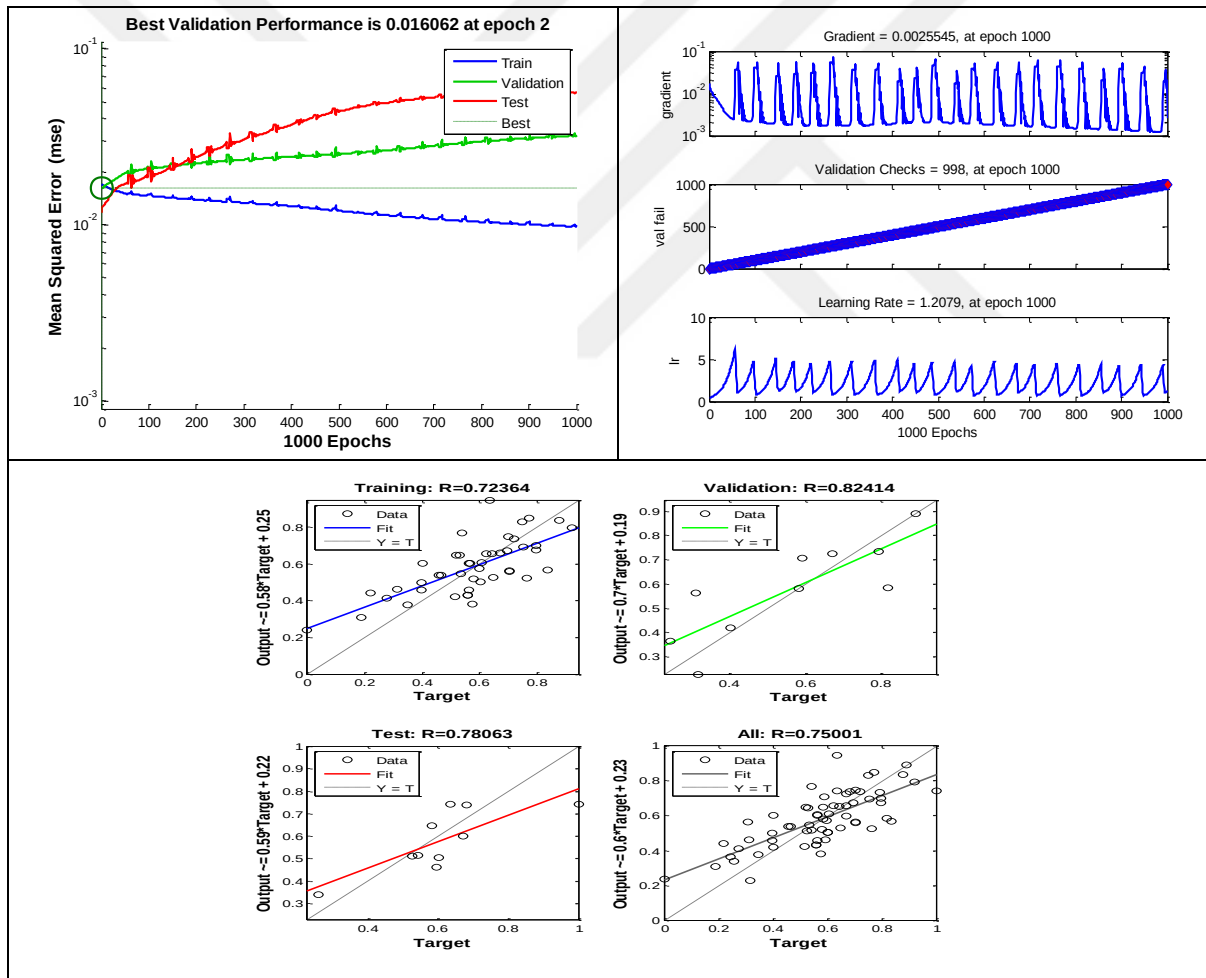
Şekil 61: Yüzey sağlamlığı YSA modelinin mimarisi.

Eğitim öncesi yapılan denemeler sonrası yüzey sağlamlığı için en uygun öğrenme ve momentum katsayısı Tablo 28’de görüldüğü üzere sırasıyla 0,4 ve 0,6 olarak belirlenmiştir.

Tablo 28: Yüzey sağlamlığı YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları.

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	MSE
7	0,1	0,7	0,0206
30	0,4	0,3	0,0212
33	0,4	0,6	0,0198
49	0,6	0,4	0,0236
52	0,6	0,7	0,0271

Ağın eğitimi sonucunda yüzey sağlamlığı değerlerine ait her iterasyondaki eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin sonuçları gösteren grafiğe bakıldığında (Şekil 62) regresyon değerlerinin tüm aşamalarda %70'in üzerinde çıktığı görülmektedir. En iyi MSE değeri ise 2. iterasyonda 0,016062 olarak elde edilmiştir.



Şekil 62: Yüzey sağlamlığı YSA modeline ilişkin performans sonuçları.

Tablo 29'da model eğitiminin başarısını ve tahmin yeteneğini görebilmek için modelin daha önce görmediği test verileri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması yapılmış ve bunlara

ait hata performans ölçütleri MSE, MAD ve MAPE değerleri hesaplanmıştır. Test kümesinden elde edilen MAD: 0,04963, MAPE: 4,2368 ve MSE: 0,00349 değerleri modelin başarılı tahminler yapabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 29: Yüzey sağlamlığı gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için).

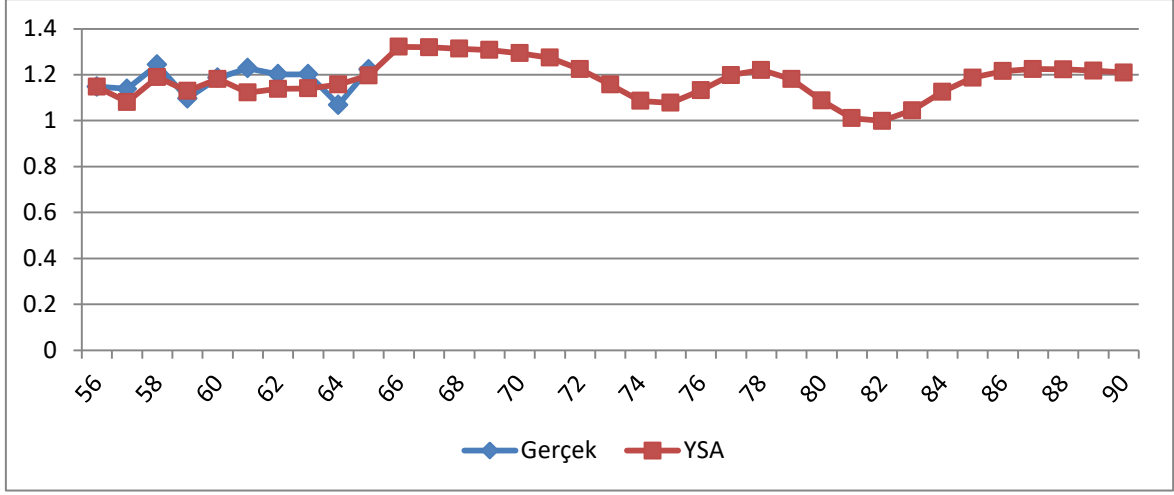
Örnek No	Gerçek Değerler	Tahmin Değerleri	MAD	MAPE	MSE
56	1,148333	1,147483	0,00085	0,074028	7,2265E-07
57	1,138333	1,081079	0,057254	5,029652	0,00327804
58	1,243333	1,188957	0,054376	4,373397	0,00295674
59	1,096667	1,129037	0,03237	2,951676	0,00104782
60	1,186667	1,181329	0,005338	0,449842	2,8496E-05
61	1,228333	1,122226	0,106107	8,638284	0,01125868
62	1,201667	1,138089	0,063578	5,290822	0,00404217
63	1,201667	1,140054	0,061612	5,127238	0,00379608
64	1,068333	1,156814	0,088481	8,282165	0,00782891
65	1,223333	1,197022	0,026311	2,150753	0,00069226
GENEL			0,04963	4,23679	0,003493

Modelin eğitim, test ve doğrulama işlemlerinden sonra yüzey sağlamlığı ortalamalarına ait gelecek 25 veri tahmin edilmiş ve Tablo 30'daki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 30: Yüzey sağlamlığına ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri.

Örnek No	Yüzey Sağlamlığı Tahmin Değerleri	Örnek No	Yüzey Sağlamlığı Tahmin Değerleri
66	1,321562	79	1,18064
67	1,319333	80	1,087409
68	1,313173	81	1,010608
69	1,307639	82	0,999094
70	1,293608	83	1,045069
71	1,27431	84	1,125637
72	1,224229	85	1,186973
73	1,157312	86	1,215674
74	1,086268	87	1,224777
75	1,077396	88	1,223642
76	1,131961	89	1,218071
77	1,19844	90	1,209367
78	1,220694		

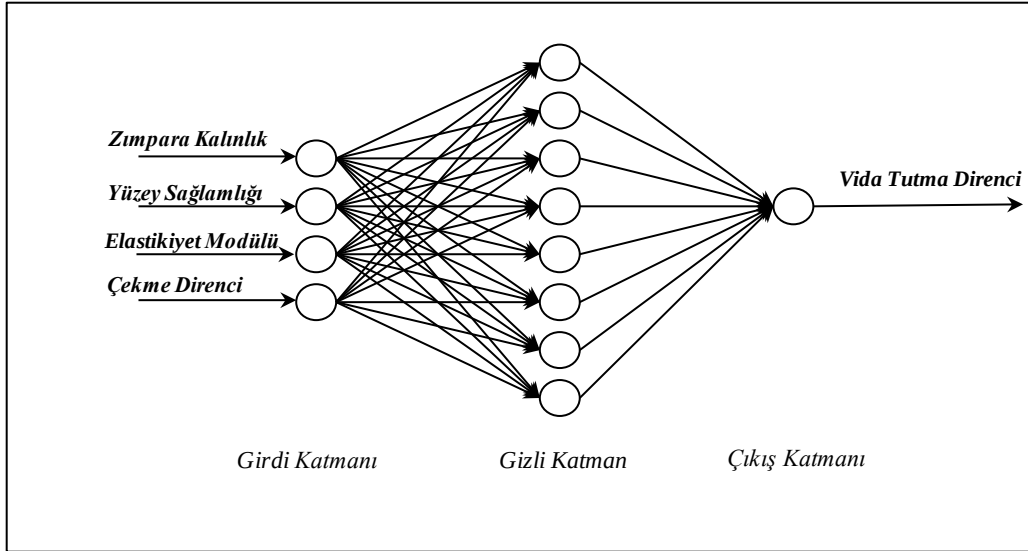
Şekil 63'de gerçek yüzey sağlamlığı ortalamaları ile tahmin edilen yüzey sağlamlığı ortalamalarının grafiksel gösterimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere mevcut ortalamalara ait tahmin başarısı oldukça iyi olup, bazı tahmin değerleri gerçek değerlere çok yakın görülmektedir.



Şekil 63: Yüzey sağlamlığı YSA tahmin grafiği.

3.2.2.4 Vida Tutma Direnci Değerlerine Ait YSA Uygulaması

Şekil 64’de vida tutma direnci değerleri için oluşturulan YSA modelinin yapısı verilmiştir. Girdi değişkenleri olarak levhalara ait zımpara sonrası kalınlık, çekme direnci, yüzey sağlamlığı ve elastikiyet modülü değerleri kullanılmıştır. Çıktı değişkeni ise tahmini yapılacak olan değişken yani vida tutma direnci değerleri olmuştur.



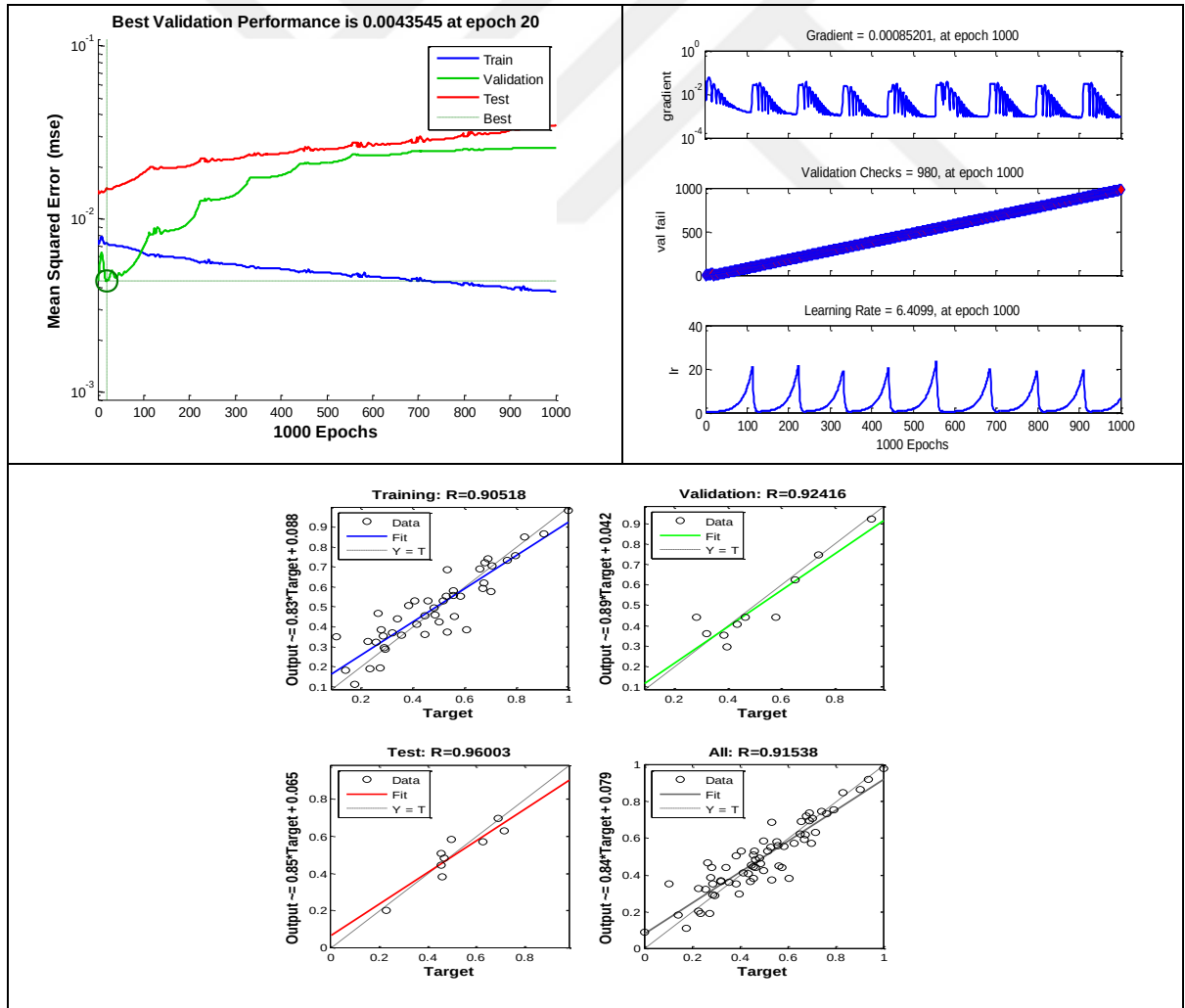
Şekil 64: Vida tutma direnci YSA modelinin mimarisi.

Eğitim öncesi yapılan denemeler sonrası vida tutma direnci için en uygun öğrenme ve momentum katsayısı Tablo 31’de görüldüğü üzere sırasıyla 0,2 ve 0,9 olarak belirlenmiştir.

Tablo 31: Vida tutma direnci YSA modeli için en uygun öğrenme ve momentum katsayıları.

Deneme No	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı	MSE
12	0,2	0,3	0,00613
17	0,2	0,8	0,00634
18	0,2	0,9	0,00594
33	0,4	0,6	0,00688
34	0,4	0,7	0,00656

Ağın eğitimi sonucunda vida tutma direnci değerlerine ait her iterasyondaki eğitim, doğrulama ve test kümelerine ilişkin sonuçları gösteren grafiğe bakıldığında (Şekil 65) regresyon değerlerinin %90'ın üzerinde çıktığı görülmektedir. Yani bağımsız değişkenler olarak belirlenen girdiler vida tutma direnci değerlerini %90 oranında etkilemiştir. En iyi MSE değeri ise 0,0043545 olarak 20. iterasyonda elde edilmiştir.



Şekil 65: Vida tutma direnci YSA modeline ilişkin performans sonuçları.

Tablo 32’de modelin eğitim başarısını görebilmek için modelin daha önce görmediği test verileri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması yapılmış ve bunlara ait hata performans ölçütleri MSE, MAD ve MAPE değerleri hesaplanmıştır. Test kümesinden elde edilen MAD: 21,8014 MAPE: 3,2831 ve MSE: 565,321 değerleri modelin başarılı tahminler yapabilecek düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 32: Vida tutma direnci gerçek ve tahmini değerler ile bunlara ait hata performansları (Test verileri için).

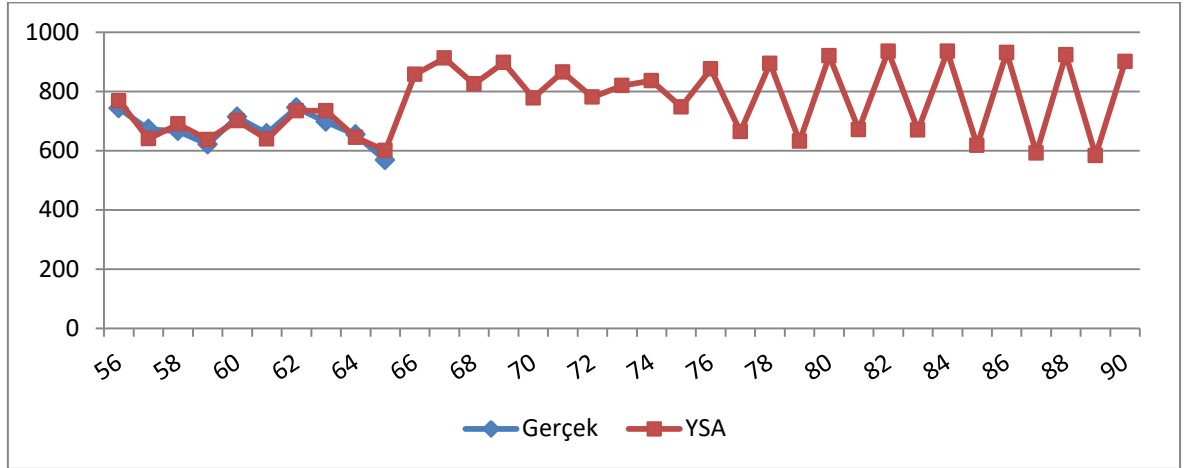
Örnek No	Gerçek Değerler	Tahmin Değerleri	MAD	MAPE	MSE
56	742,3333	768,1558	25,82247	3,478554	666,7998
57	672,3333	640,1977	32,13563	4,779717	1032,699
58	666	689,5748	23,5748	3,53976	555,7712
59	621	637,0073	16,0073	2,577665	256,2337
60	713,3333	701,004	12,32933	1,728411	152,0125
61	657,6667	639,0899	18,57677	2,824648	345,0963
62	745	734,6967	10,3033	1,382993	106,158
63	697,3333	734,6967	37,36337	5,358035	1396,021
64	654	644,5509	9,4491	1,444817	89,28549
65	567,6667	600,1187	32,45203	5,716741	1053,134
GENEL			21,80141	3,283134	565,3211

Modelin eğitim, test ve doğrulama işlemlerinden sonra vida tutma direnci ortalamalarına ait gelecek 25 veri tahmin edilmiş ve Tablo 33’teki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 33: Vida tutma direncine ait gelecek 25 örnek ortalamasının tahmini değerleri.

Örnek No	Vida Tutma Direnci Tahmin Değerleri	Örnek No	Vida Tutma Direnci Tahmin Değerleri
66	857,3567	79	631,5098
67	912,397	80	919,543
68	824,8325	81	670,5302
69	896,9132	82	935,3952
70	777,5182	83	669,1349
71	865,3793	84	934,7481
72	780,1527	85	617,2854
73	819,3661	86	931,2124
74	835,881	87	591,547
75	747,2169	88	923,7141
76	875,6964	89	583,152
77	663,8388	90	900,566
78	894,1985		

Şekil 66’da gerçek vida tutma direnci ortalamaları ile tahmin edilen vida tutma direnci ortalamalarının grafiksel gösterimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere mevcut ortalamalara ait tahmin başarısı oldukça iyi olup, bazı tahmin değerleri gerçek değerlere çok yakın görülmektedir. Gelecek 25 değer tahmin sonuçlarına bakıldığında ise dalgalanmalı bir görünüm göze çarpmaktadır.



Şekil 66: Vida tutma direnci YSA tahmin grafiği.

BÖLÜM 4

TARTIŞMA VE SONUÇ

Küreselleşen dünyada artan rekabet koşulları işletmeleri, klasik yönetim anlayışını terk edip, müşteri odaklı, ürün ve hizmet kalitesini sürekli iyileştirmeyi hedefleyen bir yapı haline getirmiştir. İşletmelerin başarılı ve verimli bir şekilde çalışabilmeleri ve varlığını sürdürebilmeleri için ürün ve hizmetlerinin, hem fiyat hem de kalite yönünden rakiplerinden üstün olması gerekmektedir. Ancak işletmelerin aynı mamulü daha uygun fiyatla, aynı kalitede üretebilmesi için katlanması gereken çok sayıda maliyet söz konusudur. Bu nedenle işletmeler, bu maliyetleri en aza indirerek aynı ürünü daha düşük fiyata sunabilmek için bir takım tedbirlerle, gider maliyetlerini minimize etmek durumundadırlar. Bu da ürünün üretim aşamasında kalitesini bozan unsurları belirleyip, bu hataları ortadan kaldırarak, yani hatalı parça için ekstra bir maliyet oluşturmayarak ve ölçme maliyetlerini en aza indirerek gerçekleştirilebilir. İstatistiksel teknikler kalite iyileştirmede, hataların en aza indirilmesinde ve sürecin sürekli olarak kontrol altında tutulmasında önemli bir yere sahiptir.

Bu çalışmada bir yongalevha endüstrisinde İKK tekniklerinden Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol kartları ile birlikte, son zamanlarda birçok alanda olduğu gibi kalite alanında da kullanım alanı bulmaya başlamış YSA, işletmede kalitenin iyileştirilmesi ve maliyetlerin azaltılması amacıyla kullanılmıştır. Analizi yapılacak levhaların bazı mekanik özelliklerine ait veriler, işletmenin örnekleme planına uygun olarak 6 ay boyunca toplanmış ve iki kısma ayrılıp incelenmiştir. İlk 3 aylık (Şubat-Mart-Nisan 2016) veriler ile İKK'nın üretim anında ortaya çıkan problemlerin belirlenmesinde, prosesin izlenmesinde, makine ayar ve bakım zamanlarının tespitindeki etkileri araştırılmış ve işletme için en uygun kontrol kartı belirlenmiştir. Sonraki 3 aylık (Mayıs-Haziran-Temmuz 2016) veriler ise YSA ile eğitilmiş ve prosesin gelecekteki durumu tahmin edilerek hataların gerçekleşmeden engellenmesi ve kalite ölçüm maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır. İKK ve YSA'nın kalite iyileştirmede etkin ve uygulanabilir olduğu, uygulamada elde edilen sonuçlar ile desteklenmiştir.

4.1 Kontrol Grafiklerine Ait Sonuçlar

Yongalevhanın mekanik özelliklerine ait toplam 42 örneğin alındığı Şubat-Mart-Nisan aylarına ait veriler ile Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol diyagramları hazırlanmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir;

Çekme direnci değerlerine ait Shewhart kontrol grafikleri incelendiğinde değişim aralığı grafiğinde örneklemelerin kontrol sınırları içerisinde kalması nedeniyle herhangi bir problem olmadığı ve örneklemelerin kendi içerisinde uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak aritmetik ortalama grafiğinde 7, 24 ve 25 numaralı örnekler ADS'yi, 34, 35, 37 ve 38 numaralı örnekler ise ÜDS'yi aşmıştır. Bu durum proses ortalamasının sabit bir seviyede olmadığını ve kontrol dışına çıktığını göstermiştir. Çekme direnci değerinin ÜDS'yi aşması işletme için arzulanan bir durum olduğu için üzerinde durulmamıştır. ADS'yi aşan değerlerin özel nedenleri işletmenin kalite kontrol ekibiyle birlikte araştırılmış ve 7 numaralı örneklerdeki direnç düşüklüğünün belirtilen dönemdeki pres sıcaklığındaki düşüklükten, 24 ve 25 numaralı örneklerdeki direnç düşüklüğünün ise tutkallama sisteminde enjektörlerde meydana gelen bir hatadan gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Çekme direnci CUSUM değerlerine bakıldığında ise $0,5 \sigma$ ve 1σ 'lık ayrılışların kontrol dışı sinyal verdiği tespit edilmiştir. $0,5 \sigma$ 'lık kaymalar dikkate alındığında toplam 15 nokta V maskesinin alt kolu dışına çıkmıştır. Bu durum proses ortalamasının zamanla değiştiğini belirtmektedir. Proses ortalamasının hangi örnekten itibaren değiştiğini belirlemek amacıyla V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmiş ve proses ortalamasının 1. örnekten itibaren düşmeye başladığı tespit edilmiştir. 1σ 'lık kaymalar dikkate alındığında ise toplam 4 nokta kontrol dışına çıkmıştır. Yine proses ortalamasının hangi örnekten itibaren değiştiğini belirlemek amacıyla V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe (37 numaralı örnek) yerleştirilmiş ve proses ortalamasının 33. örnekten itibaren değiştiği görülmüştür. Yani 33 numaralı örneğe kadar düşüş gösteren proses ortalaması bu örnekten itibaren artmaya başlamıştır. Bu durumun nedeni araştırıldığında, bu artışın işletmenin bakım döneminden itibaren gerçekleştiği tespit edilmiştir. 2σ 'lık ayrılışlara ait CUSUM grafiğinde ise herhangi bir kontrol dışı durum görülmemiştir.

Çekme direncine ait EWMA kontrol grafiği incelendiğinde herhangi bir kontrol dışı sinyal tespit edilmemiştir. Ancak örnek ortalamaları 33 numaralı örneğe kadar düşüş göstermiş ve 7, 8 numaralı örneklerin de ADS'ye dikkat çekecek kadar yaklaştığı görülmüştür. Ayrıca CUSUM grafiğinde olduğu gibi 33 numaralı örnekten sonra ortalamalardaki artış EWMA grafiğinde de net bir şekilde göze çarpmıştır.

Elastikiyet modülü için hazırlanan Shewhart kontrol grafikleri incelendiğinde, değişim aralığı diyagramlarında kontrol dışı herhangi bir duruma rastlanmazken, aritmetik ortalama grafiği sürecin kontrol dışı olduğu sonucunu vermiştir. Grafikte 23 numaralı örnek ADS'yi, 26 ve 39 numaralı örnekler ise ÜDS'yi aşmıştır. Elastikiyet modülünün yüksek olması işletmede herhangi bir sorun oluşturmazken, düşük olması istenmeyen bir durumdur. Yine bu durumun sebepleri işletme kalite kontrol ekibiyle birlikte araştırılmış ve sorunun, presleme süresi yani hat hızının uygun olmamasından kaynaklandığı belirlenmiştir. ADS'ye yaklaşan 7 numaralı örnek ise, daha önce çekme direnci diyagramında kontrol dışı sinyal veren aynı nokta olması sebebiyle sorunun, yine pres sıcaklığından kaynaklandığı belirlenmiştir.

Elastikiyet modülüne ait CUSUM kontrol grafiklerinin V maskesinin en son alınan yani 42 numaralı örneğe yerleştirilmesi sonucu $0,5\sigma$, 1σ ve 2σ 'lık ayrılışlarda kontrol dışı sinyal vermediği tespit edilmiştir. Aynı şekilde EWMA kontrol grafiği de prosesin kontrol altında olduğunu göstermiştir.

Yüzey sağlamlığı için hazırlanan kontrol grafikleri incelendiğinde yine kontrol dışı sinyal veren noktalara rastlanmıştır. Değişim aralığı grafiğinde kontrol dışı bir durum görülmezken, aritmetik ortalama grafiğinde 34, 35, 36 ve 38 numaralı örneklerin ÜDS'yi aştığı, 14 ve 23 numaralı örneklerin ise ADS'ye çok yaklaştığı görülmektedir. Yüzey sağlamlığı değerinin yüksek olması arzulanan bir durum olduğu için ÜDS'yi aşan değerler herhangi bir problem olarak düşünülmemiştir, ancak ÜDS'yi aşan değerlerin yine bakımdan sonra gerçekleştiği dikkat çekmektedir. ADS'ye yaklaşan değerlerin nedenleri araştırıldığında ölçümü yapılan yongalevhadan sadece 19 şubat tarihinde tek vardiya üretilen 14 numaralı örnek grubunun, pres basıncının düşük olmasından dolayı ADS'ye yaklaştığı düşünülmüştür, 23 numaralı örnek ortalamasındaki düşüklük ise, elastikiyet modülünde de kontrol dışı sinyal veren aynı örnek olması nedeniyle yine benzer problemten, yani pres sıcaklığı ve pres süresinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Yüzey sağlamlığına ait CUSUM sonuçlarına bakıldığında, 0.5σ ve 1σ 'lık ayrılışların kontrol dışı sinyal verdiği görülmüştür. 0.5σ 'lık ayrılışlar için hazırlanan CUSUM grafiğinde 28-35 numaralı örnekler arasındaki toplam 8 nokta kontrol dışına çıkmıştır. Proses ortalamasındaki değişimin hangi örnekten itibaren başladığını bulmak amacıyla V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmiş ve 22 numaralı örnek V maskesinin üst kolunda kalmıştır. Yani bu örnekten 33 numaralı örneğe kadar yüzey sağlamlığı değerlerinde bir düşüş yaşanmıştır. Bu durum işletmenin bakım zamanının geciktiğinin bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. 1σ 'lık ayrılışlar incelendiğinde V maskesi son örnekte herhangi bir kontrol dışı sinyal vermemiştir. Ancak V maskesi tüm örneklerle yerleştirildiğinde, 36 numaralı örneğe yerleştirilen V maskesinin kontrol dışı sinyal verdiği tespit edilmiştir. Kontrol dışı sinyal veren örnek V maskesinin alt koluna düşen 33 numaralı örnek olup bu örnekten itibaren yüzey sağlamlığı ortalamasında artış görülmüştür. 2σ 'lık ayrılışlara ait CUSUM grafiğinde ise herhangi bir kontrol dışı durum görülmemiştir.

Yüzey sağlamlığı EWMA kontrol grafiğinin kontrol sınırları içinde olduğu ancak değerlerin kararlı bir seyir takip etmediği ve 33. örneğe kadar ortalamanın altında seyrettiği görülmüştür.

Vida tutma direnci kontrol diyagramlarına bakıldığında ise sadece 0.5σ 'lık ayrılışlara ait CUSUM grafiğinin kontrol dışı sinyal verdiği görülmüştür, Proses ortalamasındaki 0.5σ 'lık ayrılışlarla ilgilenildiğinde, 31-34 numaralı örnekler arasında 4 örnek kontrol dışı sinyal vermiştir. Proses ortalamasının hangi örnekten itibaren değiştiğini bulmak amacıyla V maskesi ilk kontrol dışı sinyal veren örneğe yerleştirilmiş ve ortalamanın 21. örnekten itibaren değiştiği belirlenmiştir. Aritmetik ortalama kontrol grafiğinde, 37 numaralı örnek ÜDS'yi aşmış, ancak direnç özelliklerinin iyi olması istendiği için problem olarak görülmemiştir. Değişim aralığı grafiğinde ADS'ye yaklaşan değerler görülmüş, ancak bu değerlerle ilgili herhangi bir hata nedeni tespit edilememiştir. EWMA kontrol grafiği ise levhaların diğer mekanik özelliklerinde olduğu gibi kontrol dışı sinyal vermemiş ve benzer özellikler sergilemiştir.

Kontrol diyagramlarına ait sonuçlara genel olarak bakıldığında özellikle CUSUM kontrol grafiklerinin prosesteki küçük çaplı değişimleri tespit etmede oldukça etkili sonuçlar verdiği görülmüştür. Hem CUSUM hem de Shewhart kontrol kartları proseste kontrol dışı

nokta olduğunu belirtse de, CUSUM grafiğinin görünümü daha net bir görsel resim vermiş ve kaymanın hangi noktadan itibaren var olduğunu göstermiştir. Bu durum işletmeye 33 numaralı örnekten sonraki değişimde olduğu gibi ne zaman bakım yapılması konusunda ve bakım periyotlarını belirlemesi konusunda yardımcı olacaktır. CUSUM grafikleri prosesin genel durumuna bakılmak istendiğinde özellikle $0,5 \sigma$ ve 1σ 'lık ayrılışlarda daha etkili olmuş ve yöneticiye daha sağlıklı bilgi sağlamıştır. Hazırlanan CUSUM grafikleri son örneğe uygulanırken geçmiş örnekler hakkında da bilgi vermesi işletme için avantaj sağlamıştır. Ayrıca CUSUM grafiklerinin $n=1$ olduğunda bile etkili olması işletmenin daha az maliyete katlanmasını sağlayacaktır.

Shewhart kontrol grafiklerinin ise büyük çaplı kaymalarda daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Sadece örneklerin alındığı dönemlerin bağımsız olarak incelenmesi durumunda etkili sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca örneğin alındığı dönemdeki hata nedenlerinin tespit edilmesinde diğer grafiklere göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

EWMA kontrol grafiklerine bakıldığında ise uygulama kolaylığı sağladığı ve CUSUM grafikleri gibi prosesin genel durumu hakkında bilgi verdiği görülmüştür. Bu durum proseste herhangi bir problem olabileceği ve müdahale edilmesi gerektiği konusunda denetçiye karar vermede yardımcı olabileceği kanaatine varılmıştır. Ancak EWMA kontrol diyagramlarının kontrol dışı noktaları tespit etmede diğer kontrol kartları kadar başarılı olamadığı görülmüştür.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol grafiklerinden yalnızca birinin kullanılması işletmenin proses durumu hakkında karar verme açısından yanıltıcı olabileceği için en az ikisinin kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bunun yanında yongalevha endüstrisinden alınan gözlem değerlerinin hem birbirine bağımlı, hem de birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesinin daha etkin ve verimli sonuçlar vereceği kanaatine varılmıştır. Bu nedenle en uygun kontrol grafiği olarak CUSUM ve Shewhart kontrol kartlarının kullanılması önerilmiştir.

Literatürde istatistiksel kontrol grafikleri üzerine yapılan çalışmalarda da yine benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Oktay (1994) ve Demir'in (2008) Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol kartlarını uygulamalı olarak karşılaştırdıkları çalışmalarında, prosesteki büyük çaplı kaymalarda Shewhart, küçük çaplı kaymalarda ise CUSUM kontrol

grafikleri ile daha iyi sonuçlar elde ettikleri görülmektedir. Yine Nenes ve Tagaras (2007) ekonomik performanslarını karşılaştırdıkları $\bar{x}$ ve CUSUM kontrol kartlarından, CUSUM kontrol kartlarının ekonomik olarak daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Milota (2009) $\bar{x}$ ve CUSUM kontrol kartları ile kereste endüstrisinde uyguladığı çalışmada $\bar{x}$ kartlarının tespit edemediği proses ortalamasındaki kaymaları CUSUM kontrol kartları ile kolayca tespit ettiğini belirtmiştir. Bir diğer araştırmacı, Özçil (2014) Shewhart, CUSUM ve EWMA kontrol kartlarını karşılaştırdığı çalışmada, uygulama yaptığı alandaki verilerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesi kanaatine vardığı için, en uygun kontrol kartı olarak Shewhart kontrol kartını önerdiği görülmektedir.

4.2 Yapay Sinir Ağlarına Ait Sonuçlar

YSA modelinin oluşturulmasında ve tahmin edilmesinde Mayıs-Haziran-Temmuz aylarına ait toplam 65 adet ortalama verisinden %70'i eğitim, 15'i doğrulama ve 15'i test amacıyla kullanılmıştır. Çalışma için en uygun YSA modeli kurulmuş ve yongalevhanın mekanik özelliklerine ait değerlerin tahmini için bir model oluşturulmuştur. Bu modelde tahmin çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılan, doğrusal olmayan problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar verebilen, ileri beslemeli geri yayımlı bir sinir ağı kullanılmıştır. Her bir mekanik özellik için 4 adet girdi değişkeni, 1 adet çıktı değişkeni ve 1 adet gizli katman kullanılmıştır. Her bir değişken için eğitim aşamasında en uygun öğrenme ve momentum katsayıları belirlenmiş ve hata performans ölçütleri hesaplanmıştır. Ayrıca YSA ile tahmin işleminin yapılabilmesi için girdi değişkenlerinin gelecekte alacağı değerlerin de bilinmesi gerektiğinden mevcut değerler Box-Jenkins tekniği ile de tahmin edilmiştir. YSA ile ilgili genel olarak elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

Çekme direnci değerlerine ait YSA uygulamasında eğitim için en uygun öğrenme katsayısı; 0,4, momentum katsayısı ise; 0,7 olarak belirlenmiştir. Modelin eğitim, test ve doğrulama aşamalarındaki regresyon değerleri %80'in üzerinde çıkmıştır. Test verilerinin tutarlılığı için yapılan tahminin MSE değeri 0,00075, MAPE değeri %5,6948 ve MAD değeri ise 0,02390 olarak bulunmuştur.

Elastikiyet modülüne ait YSA sonuçları incelendiğinde ise en uygun öğrenme katsayısı; 0,6, momentum katsayısı ise; 0,8 olarak belirlenmiştir. Modelin eğitim, test ve doğrulama aşamalarındaki regresyon değerleri %85'in üzerinde çıkmıştır. Test verilerinin tutarlılığı

için yapılan tahminin MSE değeri 6969,58, MAPE değeri %3,02152 ve MAD değeri ise 70,8922 olarak bulunmuştur.

Bir diğer değişken olan yüzey sağlamlığı sonuçlarına bakıldığında ise en uygun öğrenme katsayısının 0,4, momentum katsayısının ise; 0,6 olduğu belirlenmiştir. Modelin eğitim, test ve doğrulama başarılarının %70-85 arasında olduğu, MSE (0,003493), MAPE (4,23679) ve MAD (0,04963) değerlerinin ise oldukça iyi sonuç verdiği görülmüştür.

YSA modelindeki son değişken vida tutma direnci için ise öğrenme katsayısı; 0,2, momentum katsayısı; 0,9 olarak belirlenmiştir. Modelin başarısı %90 üzerinde olup, test verilerinin tutarlılığı için yapılan tahminin MSE değeri 565,3211, MAPE 3,2831 değeri ve MAD değeri 21,8014 olarak bulunmuştur.

Tüm mekanik özellikler için elde edilen bu değerler modellerin tahmin için güvenilir ve tutarlı olduğu ve gelecek verilerin tahmininde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca kurulan YSA modeli ile geleceğe ilişkin 25 adet verinin tahmin sonuçları, Box-Jenkins tahminleri ile karşılaştırıldığında YSA tahmin sonuçları hem istatistiksel olarak, hem de kalite kontrol ekibince daha tutarlı ve uygun bulunmuştur.

Literatürde de YSA'nın tahmin amaçlı kullanımda diğer istatistik yöntemlere kıyasla daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Güngör vd. (2004), Yücesoy (2004) ve Ersen (2016) yaptıkları çalışmalarda YSA'yı hareketli ortalamalar, üssel düzeltme, basit-çoklu regresyon ve Box Jenkins gibi farklı tahmin yöntemleri ile karşılaştırmışlar ve YSA yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi tahminler yaptığını belirlemişlerdir. Yine Cook ve Shannon (1992) yaptıkları bir çalışmada kompozit levha üretim prosesi parametrelerini YSA ile % 70'lik bir oranla doğru ve başarılı bir şekilde tahmin ettikleri görülmektedir.

YSA ile elde edilen sonuçlara genel olarak bakıldığında çekme direnci, eğilme direnci, yüzey sağlamlığı ve vida tutma direnci değerlerinin tahmininde sadece tahmin edilecek mekanik özelliğin dışındaki diğer değişkenlerin girdi değişkeni olarak kullanılmış olması ve başarılı sonuçlar vermesi, bazı kalite değerlerinin ölçüm yapmadan da tahminle belirlenebileceğini göstermiştir. Bu durum işletmenin ölçüm maliyetlerini düşürme açısından son derece önem arz etmektedir. Ayrıca YSA ile bu değerlerin gelecekteki

durumunun da tahmin edilmesi, işletmenin olası problemlere önceden tedbir almasını sağlayacaktır.

Levhaların mekanik özelliklerini etkileyen çok sayıda faktör ve parametre bulunmaktadır. Ancak Türkiye’de işletmelerin verileri paylaşmadaki isteksizlikleri çalışmaların daha etkin ve kapsamlı yapılmasını kısıtlamaktadır. İşletmelerden elde edilebilecek daha fazla değişken ve test verisiyle, daha sağlıklı tahminler ve sonuçlar elde edilebilecektir.

İstatistiksel teknikler işletmelerde hem mevcut kaliteyi iyileştirmede hem de prosesin gelecekteki durumunu belirlemede son derece etkilidir. Bu teknikler farklı yöntemlerle kombine edilerek sadece büyük ölçekli işletmelerde değil, küçük ölçekli işletmelerde de kolay bir şekilde uygulanabilir ve kalite maliyetlerinde önemli düşüşler sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, S.A., Riaz, M. ve Miller, A. (2012). Enhancing the performance of CUSUM scale chart. *Computers & Industrial Engineering*, 63: 400–409.
- Açıklan, S. (2007). Atık Su Arıtma Tesisi Veriminin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 122 s.
- Addeh, J., Ebrahimzadeh, A., Azarbad, M. ve Ranaee, V. (2014). Statistical Process Control using optimized neural networks: A case study. *ISA Transactions*, 53: 1489–1499.
- Adıyaman, F. (2007). Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 109 s.
- Ai, B., Wong, D.S.H., Jang, S.S. ve Zheng, Y. (2011). Stability analysis of EWMA run-to-run controller subjects to stochastic metrology delay. *Proceedings of the 18th World Congress, The International Federation of Automatic Control Milano (Italy)*, August 28 - September 2.
- Aiken, M., Kropf, J., Vanjani, M., Govindarajulu, C. ve Sexton, R. (1995). A neural network for predicting total industrial production. *Journal of End User Computing* 7 (2): 19–23.
- Ajadi, J.O.ve Riaz, M. (2017). Mixed multivariate Ewma, Cusum control charts for an improved process monitoring. *Communications in Statistics – Theory and Methods*, 46(14): 6980-6993.
- Akarsu, T. (2012). Kalitenin İyileştirilmesinde İstatistiksel Kalite Kontrol Tekniklerinin Kullanılması ve Çağrı Merkezi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, 122s.
- Akaytay, A. (2010). Bağımsız Denetimin Etkinliğini Arttırma Aracı Olarak Yapay Sinir Ağları: Analitik Bir İnceleme. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sakarya, 203 s.
- Akcan, A. ve Kartal, C. (2011). İMKB sigorta endeksini oluşturan şirketlerin hisse senedi fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile tahmini. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 51(3):27-40.
- Akın, B. (1996). *İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol (İPK) teknikleri*. Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, s.3.
- Akın, Ö. (2001). *Toplam Kalite Yönetimi ve insan*. 1.Baskı, Bursa, Ezgi Kitabevi, 246 s.

- Aksu Berber, S. (2002). Tekstil İşletmelerinde İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 113 s.
- Aksu, N. (2013). Yapay Sinir Ağları İle Zaman-Konum Bilgileri Kullanılarak Referans Bitki Su Tüketiminin Tahmin Edilmesi. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 195 s.
- Akşit, B.T., Mızıkacı, E.A. ve Mızıkacı, F. (2000). Yükseköğretimde Toplam Kalite Yönetimi: TS-EN-ISO 9001 kalite sistem çalışmaları uygun araçlardan biri olabilir mi? *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 21 (21), 9-19.
- Aktaş, S. (2005). *Toplam Kalite Yönetimi'nin firma performansına etkileri*. GYTE, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gebze.
- Akyüz, İ. (2004). Avrupa Birliğine giriş sürecinde Türkiye ile Avrupa Birliği üye ülkelerin yonga levha dış ticareti. Kafkas Üniversitesi, *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 3 (4): 124-134.
- Akyüz, K.C. (2000). Doğu Karadeniz Bölgesinde Yer Alan Küçük ve Orta Ölçekli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Yapısal Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 200 s.
- Anagun, A.S. (1998). A neural network applied to pattern recognition in Statistical Process Control. *Computers and Industrial Engineering* 1998(35): 185-188.
- Andrew, L.S. ve Gerald, E.H. (1983). Simple statistical methods. Statitital Process Control SP547, *International Congress and Exposition*, Detroit, Michigan, s. 36.
- Aparisi, F. ve Díaz, J.C.G. (2007). Design and optimization of EWMA control charts for in-control, indifference, and out-of-control regions, *Computers & Operations Research* 34 2096–2108.
- Arioğlu Salmona, M.Ö. (2004). Çok Değişkenli İstatistiksel Kalite Kontrolü: Endüstriyel Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 143 s.
- Arizmendi, C.M., Sanchez, J.R., Ramos, N.E. ve Ramos. G.I. (1993). Time series prediction with neural nets: Application to airborne pollen forecasting. *International Journal of Biometeorology*, 37:139–144.
- Arkat, J., Niaki, S.T.A. ve Abbasi, B. (2007). Artificial neural networks in applying MCUSUM residual charts for AR(1) processes. *Applied Mathematics and Computation* 2007(189): 1889-1901.
- Asilkan, Ö. ve Irmak, S. (2009). İkinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarının Yapay Sinir Ağları ile tahmin edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2): 375-391.

- Aslay, F. (2013). Meteorolojik Parametreler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları İle Toprak Sıcaklığının Tahmini. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 124 s.
- Atalay, H. (2010). Toplam Kalite Yönetiminin Marka Yönetimiyle İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı, 85 s.
- Atienza, O.O., Ang, B.W. ve Tang, L.C. (1997). Statistical Process Control and forecasting. *International Journal of Quality, Science*, Vol. 2(1): 37-51.
- Aydın, D. (2012). Yapay Sinir Ağları Yardımı İle Talep Tahmin Analizi ve Deniz Taşımacılığı Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, İstanbul, 114 s.
- Aydın, K. (2002). Riske Maruz Değer Hesaplamalarında EWMA ve GARCH Metotlarının Kullanılması: İMKB-30 endeks uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe Finansman Bilim Dalı, Zonguldak, 191 s.
- Aytekin, A., Karayılmazlar, S., Gavcar, E. ve Özşahin, Ş. (2001). Statistical quality control in forest product industry: a case study. *New and Nontraditional Plants and Prospects of Their Utilization, IV. International Symposium*, 20-24 June, Pushino-Moscow, pp.16-19.
- Aytekin, A. (2002): Fourdrinier Kağıt Makinasının Proses Kontrol İle Optimizasyonu. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 194 s.
- Aytekin, A. (2017). *Basit düşün, akış diyagramları ile programlama*. Detay Yayıncılık, Ankara, 326 s.
- Azam, M., Aslam, M. ve Jun C.H. (2015). Designing of a hybrid exponentially weighted moving average control chart using repetitive sampling. *Int J Adv Manuf Technol.*, 77:1927–1933.
- Bahadır, E. ve Özdemir, A.Ş. (2016). *Akademik başarı tahmininde Yapay Sinir Ağları*. Burç Yayınevi. 1. Baskı. Konya.
- Balestrino, A., Bini Verona, F. ve Santanche, M. (1994). Time series analysis by neural networks: Environmental temperature forecasting. *Automazione e Strumentazione*, 42 (12): 81–87.
- Ballı, M.T. (2014). Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini ve Gıda Sektöründe Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Programı, İstanbul, 165 s.

- Barghash, M.A. ve Santarisi, N. S. (2004). Pattern Recognition of control charts using artificial neural networks- analyzing the effect of the training parameters. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 15(2004):635-644.
- Barnard, G. A. (1959). Control charts and stochastic processes. *Journal of the Royal Statistical Society*, 21(2): 239-271.
- Barratt, B., Atkinson R., Anderson, H.R., Beevers, S., Kelly F., Mudway, I. ve Wilkinson, P. (2007). Investigation into the use of the CUSUM technique in identifying changes in mean air pollution levels following introduction of a traffic management scheme. *Atmospheric Environment*, 41 (2007): 1784–1791.
- Baş, N. (2006). Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, İstanbul, 124 s.
- Başkan, S. (1997). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları, No: 159, İzmir.
- Bayramoğlu, F. (2007). Finansal Endekslerin Öngörüsünde Yapay Sinir Ağı Modellerinin Kullanılması: İMKB Ulusal 100 Endeksinin Gün İçi En Yüksek ve En Düşük Değerlerinin Öngörüsü Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Beale, M.H., Hagan, M.T. ve Demuth, H.B. (2010). *Neural network toolbox 7 User's guide*. The MathWorks Inc., Natick, MA, 951 s.
- Bek, G.A. (2008). Bir Konfeksiyon İşletmesinde Proses ve Kalite Kontrol. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 114 s.
- Berenson, M., Levine, D.M. ve Krehbiel T.C. (1992). *Basic business statistics: concepts and applications*. 5th Edition, Prentice Hall Inc, 842 s.
- Beytekin, U. (2010). Kağıt Endüstrisinde İstatistiksel Proses Kontrol Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında, Zonguldak, 85 s.
- Bilgili, M. (2007). Predictions Of Wind Speed and Wind Power Potential Using Artificial Neural Networks. PhD Thesis, Çukurova University, Institute Of Natural Applied Sciences, Department Of Mechanical Engineering, Adana, 193 pp.
- Bircan, H. ve Gedik H. (2003). Tekstil sektöründe istatistiksel proses kontrol teknikleri uygulaması üzerine bir deneme. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2): 69.
- Bircan, H. ve Özcan, S. (2003). *Excel uygulamalı kalite kontrol*. Yargı Yayınevi, Sivas.
- Bolat, T. (2000). *TKY: Konaklama işletmelerinde uygulanması*. Beta Yayınları, İstanbul, 26s.

- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y. (1990). *Yongalevha endüstrisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No:3614, Orman Fakültesi Yayın No: 413, ISBN: 975-404-191-1, İstanbul, 263 s.
- Bozkurt, R. (1994). Kalitenin esasları ve Deming'in on dört ilkesi. *Verimlilik Dergisi*, Ankara, 1994(3).
- Bozkurt, R. (2003a). *Kalite Maliyetleri*. MPM Yayınları, Ankara, s.109-113.
- Bozkurt, R. (2003b). *Kalite iyileştirme araç ve yöntemler*. Mert Matbaası, Ankara, 230 s.
- Bulut, E.G. (2007). Bir Otomotiv Tedarikçisinde ISO/TS 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Spesifikasyonu Kapsamında Yapılan İstatistiksel Proses Kontrol ve Bulanık Mantık Çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 129 s.
- Büker, E. (2007). Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı İle Altı Sigma Kalite Yönetimi Anlayışının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu, Deniz Bilimleri Ve Mühendisliği Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel İşletme Bilim Dalı, 121 s.
- Castagliola, P. ve Maravelakis, P.E. (2011). A CUSUM control chart for monitoring the variance when parameters are estimated. *Journal of Statistical Planning and Inference* 141 (2011): 1463–1478.
- Cavill, I. ve Ricketts, C. (1974). Automated quality control for the haematology laboratory. *Journal of Clinical Pathology*, 27: 757-759.
- Champ, C.W. ve Jones, L.A. (2004). Designing phase I- X charts with small sample sizes. *Quality and Reliability Engineering International*, 20: 497-510.
- Chan, C.K., Stephen, F., Witt, Y.C.E. ve Lee, H. (2010). Song tourism forecast combination using the CUSUM technique. *Tourism Management*, 31(2010): 891–897.
- Chang, S.I. ve Aw, C.A. (1996). A neural fuzzy control chart for detecting and classifying process mean shifts. *International Journal of Production Research*, 34(8): 2265-2278.
- Chelani, A.B. (2011). Change detection using CUSUM and modified CUSUM method in air pollutant concentrations at traffic site in Delhi. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 25: 827–834.
- Chen, C.H. (1994). Neural networks for financial market prediction. *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks* 2, pp. 1199–1202.
- Cheng, C.S. (1997). A neural network approach for the analysis of control chart patterns. *International Journal of Production Research*, 35(3): 667-697.

- Cheng, S.S. ve Yu, F.J. (2013). A CUSUM control chart to monitor wafer quality. World Academy of Science, Engineering And Technology, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 7(6): 1183-1188.
- Chiang, W.C., Urban, T.L. ve Baldrige, G.W. (1996). A neural network approach to mutual fund net asset value forecasting. *Omega*, 24: 205–215.
- Cook, D.F. ve Shannon, R.E. (1992). A predictive neural network modeling system for manufacturing process parameters. *International Journal of Production Research*, 30 (7): 1537-1550.
- Cook, D.F., Zobel, C.W. ve Wolfe, M.L. (2006). Environmental statistical process control using an augmented neural network classification approach. *European Journal of Operational Research*, 174: 1631–1642.
- Crosby, P.B. (1979). *Quality is free: the art of making quality certain*. New York: McGraw-Hill, 309 s.
- Cybenko, G. (1989). Approximation by superposition of a sigmoidal function. *Mathematical Control Signal Systems*, 2: 303-314.
- Çabuk, Y., Karayılmazlar, S., Onat, S.M. ve Kurt, R. (2013). Econometric modeling and projection of production, import and export of particle board industry in Turkey. *International Journal of Physical Sciences*, 8(5): 199- 209.
- Çabuk, Y., Karayılmazlar, S., Aytakin, A., Onat, S.M. ve Kurt, R. (2015). A regression analysis of fiberboard production, import and export amounts in Turkey, with projections to 2021. *Turkish Journal of Forestry*, 16(1): 27-35.
- Çayıroğlu, İ. (2017). *İleri algoritma analizi-5, Yapay Sinir Ağları ders notları*. <http://www.ibrahimcayiroglu.com>, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, 13 s.
- Çelik, M. (2015). İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 s.
- Çetin, C., Akın, B. ve Erol, V. (2001). *Toplam Kalite Yönetimi ve kalite güvence sistemi*. İstanbul, Beta Yayınları, 806 s.
- Çetin, G. (2010). Artificial Neural Networks By Using The Internet Traffics On The Internet Exit Routers (MRTG) Estimated Traffic Analysis and Planning For The Future. Msc Thesis, Çukurova University, Institute Of Natural and Applied Sciences, Department Of Electrical and Electronics Engineering, Adana, 69 pp.
- Çevik, Ö.F. (2010). Prediction Of IMKB Sector Indices By Using Artificial Neural Networks. M.Sc. Thesis, Bogaziçi University, Institute for Graduate Studies in the Social Sciences, Management Information Systems, 128 pp.

- Çevik, B. (2016). *Kağıt ve Kağıt Ürünleri Sektör Raporu*. Türkiye İş Bankası, İktisadi Araştırmalar Bölümü, 33 s.
- Çolak, T. (2007). İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 102 s.
- Çuhadar, M., Güngör, İ. ve Göksu, A. (2009). Turizm talebinin Yapay Sinir Ağları ile tahmini ve zaman serisi yöntemleri ile karşılaştırmalı analizi: Antalya iline yönelik bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1): 99-114.
- Dale, H. (1990). *Quality Control*. Prentice Hall, International Editions, s.387.
- Değerli, Z. (2006). Toplam Kalite Yönetiminde İstatistiksel Kalite Süreç Kontrolün Önemi ve Bir İşletme Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 115 s.
- Deming, W.E. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, 507 s.
- Demir, F.O. ve Kırdar, Y. (2007). Müşteri ilişkileri yönetimi: CRM. *Eastern Mediterranean University Press, Review of Social, Economic & Business Studies*, 7-8:293-308.
- Demir, Y. (2008). Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Makine Sanayine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootehni Anabilim Dalı, 45 s.
- Demir, Y. ve Mirtağioğlu, H. (2016). Shewhart CUSUM ve EWMA kontrol grafiklerinin makine sanayine uygulanması. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2): 254-265.
- Dengizler Kayaalp, İ. (2007). Konfeksiyon İşletmelerinde Kalitenin İyileştirilmesi Amacıyla İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemlerinin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 212 s.
- Deveci, M. (2012). Yapay Sinir Ağları ve Bekleme Süresinin Tahmininde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Üretim Yönetimi Bilim Dalı, Ankara, 114 s.
- DeVor, R.E. (1992). *Statistical quality design and control*. Mcmillan, Newyork, 813 p.
- Dik, E. (2003). *Kalite güvence ve standartlar*. Mersin Üniversitesi, Ders Notları, 32 s.
- Dindar, K.K. (2010). Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı İle Tahtaköprü Barajındaki Aylık Buharlaştırma Miktarının Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay, 42 s.

- Doğan, M.İ. (2012). Ekonomik Bir Büyüme Modeli'nin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini ve Türkiye Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 78 s.
- Doğan, Ü. (1991). *Kalite yönetimi ve kontrolü*. İstiklal Matbaası, İzmir, 128 s.
- Doğan, V. (2006). Forecasting Stock Market Return Using Artificial Neural Networks. Master Thesis, Bogaziçi University, Graduate Program in System Control Engineering, 85 pp.
- Dönmez, U. (2012). İstatistiksel Proses Kontrol Tablolarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Yorumlanması ve Bir İplik İşletmesinde Uygulama. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 204 s.
- Dumlu, A. (2011). Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlarının Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmin Edilmesi: VOB Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Manisa, 82 s.
- Duncan, A.J. (1965). *Quality Control and industrial statistics*. 4th Edition, Richard D. Irwin Inc., 1047 s.
- Ebrahimzadeh, A. ve Ranaee, V. (2010). Control chart pattern recognition using an optimized neural network and efficient features. *ISA Transactions* 2010(49): 387-393.
- Edwards, C.D. (1968). The meaning of Quality. *Quality Progress*, October, pp.36-37.
- Efil, İ. (1993). *Yönetimde kalite kontrol çemberleri ve uygulamadan örnekler*. Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, s. 114.
- Ege, Ö. (1997). EWMA Kontrol Kartının, Shewhart ve CUSUM Kontrol Kartları İle Simülasyon Yolu İle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, İzmir, 415 s.
- Ege, Ö. (2000). EWMA kontrol kartının Shewhart ve CUSUM kontrol kartları ile karşılaştırılması: Simulasyon denemesi. *DEÜ, İİBF Dergisi*, 15(1):125-132.
- Elmas, Ç. (2011). *Yapay zeka uygulamaları, Yapay Sinir Ağı-Bulanık Mantık-Sinirsel Bulanık Mantık-Genetik Algoritma*. Seçkin Yayıncılık, 424 s.
- Elminir, H.K., Areed, F.F. ve Elsayed, T.S. (2005). Estimation of solar radiation components incident on Helwan site using neural networks. *Solar Energy*, 79: 270-279.
- Engin, A.B. (1997). İplik İşletmeleri İçin Optimum Ekonomik ve İstatistiksel Proses Kontrol Planlarının Tespiti. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 142 s.

- Eren, S. (2010). Evsel Atıklardan Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Yapay Sinir Ağları, Kullanılarak Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 118 s.
- Erkılıç, T.A. (2007). Toplam Kalite Yönetimi ilkelerinin yönetim yaklaşımları bağlamında tartışılması. *GAU J. Soc. & Appl. Sci.*, İstanbul, 2(4), 50-62.
- Ersen, H. (1997). *Toplam Kalite ve insan kaynakları yönetimi ilişkisi: verimli ve etkin olmanın yolu*. Sim Matbaacılık, İstanbul, 213 s.
- Ersen, H. (2003). *Topyekün mükemmelleşme sürecinde insan kaynakları ve kalite*. Ayhan Matbaacılık, 152 s.
- Ersen, N. (2016). Türkiye'nin Ağaç ve Orman Ürünleri İhracat ve İthalat Değerlerinin Box-Jenkins ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri İle Tahmin Edilmesi ve Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 207 s.
- Ertuğrul, İ. (2001). İşletmelerde Kalite Kontrolü ve İstatistiksel Kalite Kontrol Değerlendirmesiyle Bir Tekstil İşletmesine Uygulama Örneği. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 347s.
- Es, H.A. (2013). Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Net Enerji Yapay Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 87 s.
- Ekti, E. (2013). *Endüstriyel orman ürünleri*. Sektörel Raporlar Serisi IV, 44 s.
- Ewan, W.D. (1963). When and how to use CUSUM charts. *Technometrics*, 5:(1-22), s.12.
- Farnum, N.R. (1994). *Modern Statistical Quality Control and improvment*. Duxbury Press, Belmont, California.
- Feigenbaum, A.V. (1983). *Quality control (3rd ed.)*. New York: McGraw-Hill Inc..
- Feigenbaum, A.V. (1991). *Total Quality Control*. Singapore: McGraw-Hill Inc.
- Fletcher, D. ve Goss, E. (1993). Forecasting with neural networks: An application using bankruptcy data. *Information and Management*, 24: 159–167.
- Franco, B.C., Celano, G., Philippe, C. Costa, A.F.B. (2014). Economic design of Shewhart control charts for monitoring autocorrelated data with skip sampling strategies. *Int. J. Production Economics*, 151: 121–130.
- Garvin, D.A. (1984). What does 'product quality' really mean?. *Sloan Management Review*, 26(1): 25-43.
- Gately, E. (1996). *Neural networks for financial forecasting*. John Wiley, New York.

- Gauri, S.K. ve Chakraborty, S. (2008). Improved recognition of control chart patterns using artificial neural networks. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2008(36): 1191-1201.
- Gavcar, E. ve Aytekin, A. (1995). Özellikler için kontrol diyagramlarının hazırlanması ve kelebek mobilya işletmesi örneği. *I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 23-25 Ekim, Trabzon, s. 261-268.
- Gedik, T. (2005). Orta Yoğunluklu Lif Levha (MDF) Üretiminde Kalite Kontrol. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 139 s.
- Gedik, T. ve Akyüz, K.C. (2007). MDF üretiminde kalite kontrol diyagramları ile süreç kontrolü. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 57(2): 75-91.
- Gencel, U. (2001). Yükseköğretim Hizmetlerinde Toplam Kalite Yönetimi ve Akreditasyon. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(3): 164-218.
- Gentry, T.W., Wiliamowski, B.M. ve Weatherford, L.R. (1995). A comparison of traditional forecasting techniques and neural networks. *Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks*, 1995(5): 765-770.
- Ghiasabadi, A., Noorossana, R. ve Saghaei, A. (2013). Identifying change point of a non-random pattern on control chart using artificial neural networks. *Int J Adv Manuf Technol*, 2013(67): 1623–1630.
- Gilmore, H.L. (1974). Product conformance cost. *Quality Progress*, June 1974, p.16-19.
- Gitlow, H.S., Oppenheim, A. ve Oppenheim, R. (1995). *Quality Management: Tools and methods for improvement*. 2. Edition, Irwin inc., USA, 508 s.
- Goh, T.N. (1999). Perspectives on statistical quality engineering. *The TQM Magazine*, 11: 461-466.
- Gökçümen, A., Yenersoy, G., Saraloğlu, T. ve Koçak, C. (1999). *Belediyelerde Toplam Kalite Yönetimi temel eğitimleri el kitabı*. Kalder Yayınları, Rota Yayın Yapım Ltd. İstanbul, No:27, s. 31.
- Gökmen, C. (2015). Toplam Kalite Yönetimi (TKY) Felsefesi. www.saglik.gov.tr/TR/dosya/1-9102/h/tkyfelsefesi.pdf , (03.12.2015).
- Gözübatık, K. (1997). İstatistiksel Kalite Kontrol Ve Süreç Kontrolündeki Gelişmeler. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 205 s.
- Grant, E.L. ve Leavenworth, R.S. (1996). *Statistical Quality Control*. Seventh Edition, McGraw-Hill Companies, USA, 764 s.

- Grudnitski, G. ve Osburn, L. (1993). Forecasting S&P and gold futures prices: An application of neural networks. *The Journal of Futures Markets* 13 (6): 631–643.
- Güç, R. (2016). Bilecik İli İçin Güneş Enerjisi Analizi ve Yapay Sinir Ağları İle Hava Sıcaklığı Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 72 s.
- Gülgönül, Ş. (1999). Yapay Sinir Ağları İle Genel Seçim Sonuçlarının Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 45 s.
- Gümüşoğlu, Ş. (2000). *İstatistiksel Kalite Kontrolü ve TKY araçları*. Beta Yayınevi, İstanbul, 168 s.
- Günel, A. (1986). *İstatistik analiz ve kalite kontrol ders notları*. Karadeniz Üniversitesi Basımevi, Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Ders Teksirleri Serisi No. 13, 1.Kısım, Yıl 1986, Trabzon, 210 s.
- Güngör, E. (2005). İstatistiksel Kalite Kontrolde Basit ve Çoklu Uygunluk Analizinin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 84 s.
- Güngör, E. (2007). Yapay Sinir Ağları Yardımı İle Makine Arızalarının Önceden Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, 74 s.
- Güngör, İ., Kayacan, C. ve Korkmaz, M. (2004). Endüstriyel odun hammaddesi talebinin tahmininde yapay sinir ağlarının kullanımı ve bazı tahmin yöntemleri ile karşılaştırılması. *Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği XXIV. Ulusal Kongresi*, Çukurova Üniversitesi, 15-18 Haziran 2004, Adana.
- Güreşen, E. (2008). Dynamic Market Value Forecasting Using Artificial Neural Networks. M.Sc. Thesis, Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Industrial Engineering, 268 s.
- Gürsoy, A. (2012). Yapay Sinir Ağları Yaklaşımıyla Lastik Kalıbı Maliyetlerinin Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 92 s.
- Haas, D.J., Milano, J. ve Flitter, L. (1995). Prediction of helicopter component loads using neural networks. *Journal of the American Helicopter Society*, 40 (1): 72–82.
- Hadavandi, E., Shavandi, H. ve Ghanbari, A. (2010). Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. *Knowledge-Based Systems*, 23: 800-808.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2004). Yapay Sinir Ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3): 227-233.

- Hamzaçebi, C. (2005). Geleceği Tahminde Yapay Sinir Ağları İçin Sezgisel Öğrenme Algoritmaları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 159 s.
- Hamzaçebi, C. (2008). Improving Artificial Neural Networks: Performance in seasonal time series forecasting. *Information Sciences*, 178 (23): 4550-4559.
- Haq, A., Brown, J., Moltchanova, E. ve Al-Omari A.I. (2015). Effect of measurement error on exponentially weighted moving average control charts under ranked set sampling schemes. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 85(6): 1224-1246.
- Harrison, P.J. ve Davies, L. (1964). The use of cumulative sum (CUSUM) techniques for the control of routine forecasts of product demand. *Operations Research*, Vol. 12(2): 325-333.
- Hawkins, D.M. ve Wu, Q. (2014). The CUSUM and the EWMA head-to-head. *Quality Engineering*, 26(2): 215-222.
- Haykin, S. (1998). *Neural Networks: A comprehensive foundation*. 2 edition, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA, 842 s.
- Healy, J.D. (1987). A Note on multivariate CUSUM procedures. *Technometrics*, 29(4): 409-412.
- Hebb, D. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Wiley, New York, NY, 335 s.
- Hewson, C., O'Sullivan, P. ve Stenning, K., (1996). Training needs associated with statistical process control, *Training for Quality*, 4: 32-36.
- Ho, S.L., Xie, M. ve Goh T.N. (2002). A comparative study of neural network and box-jenkins ARIMA modeling in time series prediction. *Computers and Industrial Engineering*, 42(2002): 371- 375.
- Holmes, D. (1996). *Introduction to SPC*. sixth printing, stochos Inc., Massachusetts, s.34.
- Holmes, D.S. ve Mergen, A.E. (2011). Discussion of parabolic mask for cumulative sum control charts. *Northest Desicion Sciences Institute Conference Proceedings 40. Annual Meeting*. Canada, pp. 1295-1299.
- Hornik, K., Stinchcombe, M. ve White, H. (1989). Multilayer feed-forward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2: 359-366.
- Hwang, E. ve Shin, D.W. (2017). A CUSUM test for panel mean change detection. *Journal of the Korean Statistical Society*, 46(2017): 70–77.
- Hwang, H.B. ve Hubele, N.F. (1993). X control chart pattern identification through efficient off-line neural network training. *IIE Transactions*, 25(3): 27-40.

- Hwang, H.B. (1997). A neural network approach to identifying cyclic behaviour on control charts: A comparative study. *International Journal of Systems Science*, 28(1): 99-112.
- Ishikawa, K. (1985). What is total quality control, the Japanese way. New Jersey: Mc Graw Hill, 240 s.
- Ishikawa, K. (1995) *Toplam Kalite Kontrol*. Kalder Yayınları, No:7, İstanbul, s. 201-202.
- İşığışok, E. (2012). *Toplam Kalite Yönetimi bakış açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol*. Ezgi Kitabevi, Bursa, s. 52.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ. ve Kızılkaya, A. (2017). Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19(1): 132-138.
- İSO (2015). *Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basım Sanayi Raporu*. Küresel Rekabette İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Projesi, 118 s.
- Jacob, D.A. ve Luke, S.R. (1993). Training artificial neural networks for statistical process control in The Tenth Biennial University Government Industry. *Microelectronics Symposium IEEE*, Piscataway, NJ, USA, pp. 235-239.
- Jiang, P., Liu, D. ve Zeng, Z. (2009). Recognizing control chart patterns with neural network and numerical fitting. *Journal of Intelligent Manufacturing* 2009(20):625-635.
- Johannes, L. ve Claude, W.B. (1999). *Statistical Quality Control, strategies and tools for continual improvement*. John Wiley & Sons, s.59.
- Johnston, F. R. (1993). Exponentially Weighted Moved Average (EWMA) with irregular updating periods. *The Journal of the Operational Research Society*, 44(7): 711-716.
- Juran, J.M. (1988). *Juran on planning for quality*. New York: Free Press.
- Kano, N. (1993). *Task Achieving QC Story for QC Circles*, JUSE Press, Tokyo, JA.
- Kara, M.E. (2011) . *Yong levha üretiminde karşılaşılan kalite problemleri ve çözüm önerileri*. Operatör El Kitabı, Kastamonu SFC, 83 s.
- Karaca, E. (2012). Üretim Sürecinde İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) Uygulamaları ve Elektronik Sektöründe Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Uluslararası Kalite Yönetimi Bilim Dalı, 94 s.
- Karahan, M. (2011). İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu İle Ürün Talep Tahmini Uygulaması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Konya, 79 s.

- Karahan, M. (2015). Turizm talebinin Yapay Sinir Ağları yöntemiyle tahmin edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2): 195-209.
- Kariniotakis, G.N., Stavrakakis, G.S. ve Nogaret, E.F. (1996). Wind power forecasting using advanced artificial neural network models. *IEEE Transactions on Energy conversion*, 11(4): 762-767.
- Kartal, M. (1999). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Şafak Yayınevi, Sivas. 205 s.
- Kasap, E. (2006). Shewhart, Cusum ve Ewma Kalite Denetimi Grafiklerinin Bir Üretim Sürecinde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Samsun, 44 s.
- Kavrakoğlu, İ. (1990). *Toplam Kalite Kontrolünün getirdikleri*. Kalite Güvenliği ve Uluslararası Standartlar, İTÜ, İstanbul.
- Kavrakoglu, İ. (1994). *Toplam Kalite Yönetimi*. İstanbul, KalDer Yayınları, s.108.
- Kaya, İ. ve Engin, O. (2005). Kalite iyileştirme sürecinde yapay zekâ tekniklerinin kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1): 103-114.
- Kaya, İ., Oktay, S. ve Engin, O. (2005). Kalite kontrol problemlerinin çözümünde yapay sinir ağlarının kullanımı. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 21 (1-2): 92-107.
- Kaya, İ., Gözen, Ş. ve Engin, O. (2004). Kalite kontrol problemlerinin çözümünde uzman sistemlerin kullanımı. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(4): 87-101.
- Kaya, Y. (2010). Türk Telekomünikasyon A.Ş.'de Elektrik Enerjisi Tüketiminin Yapay Sinir Ağları İle Yerel Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sistem Mühendisliği Programı, 103 s.
- Kayadelen, L. (2006). İstatistiksel Kalite Kontrol Tekniklerinin Uygulanması İle Fire Azaltılması: Çuval Fabrikasında Örnek Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 90 s.
- Kemp, K.W. (1961). The average run length of the cumulative sum chart when a V-mask is used. *J. Roy. Stat. Soc.*, 23: 149-153.
- Kılıç, G. (2015). Yapay Sinir Ağları İle Yemekhane Günlük Talep Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 53 s.
- Kısaoğlu, Ö. (2002). Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Proses Kontrol Sisteminin Kurulması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 198 s.

- Kiartzis, S.J., Bakirtzis, A.G. ve Petridis, V. (1995). Short-term load forecasting using neural networks. *Electric Power Systems Research*, 33: 1–6.
- Kobu, B. (1987). *Endüstriyel kalite kontrol*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 3425, 2.Baskı, İstanbul, 495 s.
- Kobu, B. (1994). *Üretim yönetimi*. İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yayın No.260, İstanbul, 496 s.
- Kocatepe, C.İ. (2017). Ekonomik Endeksler Kullanılarak Türkiye'deki Altın Fiyatındaki Değişim Yönünün Yapay Sinir Ağları İle Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, 63 s.
- Koç, E. (2000). *Üretim yönetimi ve organizasyon*. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Adana, Yayın No:33, s. 95-112.
- Kolehmainen, M., Martikainen, H. ve Ruuskanen, J. (2001). Neural networks and periodic components used in air quality forecasting. *Atmospheric Environment*, 35: 815-825.
- Kökçen, E. (2003). İstatistiksel Proses Kontrol ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 125 s.
- Kunt, F. (2007). Hava Kirliliğinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 89 s.
- Kurt, G. (1987). Kalite Kontrolünde Birikimli Toplam Kontrol Tekniği ve Bir Uygulama Denemesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi İstatistik Anabilim Dalı, Eskişehir, 69s.
- Kurt, R. (2011). Türkiye Odun Dışı Orman Ürünlerinin Mevcut Durumu ve Dış Ticaret Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 141 s.
- Kurt, R., Karayılmazlar, S. ve Çabuk, Y. (2017). Yapay Sinir Ağları ile öngörü modellemesi: Türkiye kağıt-karton sanayi örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 99-106.
- Leger, R.P., Garland, W.J. ve Phoehlman, W.F.S. (1996). Fault detection and diagnosis using statistical control charts and artificial neural networks. *Artificial Intelligence in Engineering*, 1996 (12): 35-47.
- Lewis, C.D. (1982). *Industrial and business forecasting methods*. Butterworths Publishing, London.
- Lucy-Bouler, T.L. (1993). Application to forecasting of neural network recognition of shifts and trends in quality control data. *WCNN'93 Portland, World Congress on Neural Networks*, 152(1): 631-633.

- Mahmoud, M.A. ve Maravelakis, P.E. (2013). The performance of multivariate CUSUM control charts with estimated parameters. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 83(4): 721-738.
- Maness, T.C., Kozak, R.A. ve Staudhammer, C. (2003). Applying real-time statistical process control to manufacturing processes exhibiting between and within part size variability in the wood products industry. *Quality Engineering*, 16(1):113-125.
- Maravelakis, P.E. (2012). Measurement error effect on the CUSUM control chart. *Journal of Applied Statistics*. 39(2): 323-336.
- Masaebi, P. (2016). Yapay Sinir Ağları İle İran Elektrik Tüketim Tahmini Karadeniz Teknik Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 75 s.
- MEGEP (2011). *Pazarlama ve Perakende, Toplam Kalite Yönetimi*. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi, Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara, 74 s.
- Milota, (2009). The cumulative sum chart for moisture control in lumber drying. *Forest Products Journal*, 59(11): 24-26.
- Miyauchi, I. (1999) *Quality management in Japan seminar notes*. Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası, MESS Yayın No: 304.
- Montgomery, D.C. ve Johnson, L.A. (1976). *Forecasting and time series analysis*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Montgomery, D.C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*. John Wiley and Sons. Inc., 702 s.
- Montgomery, D.C. (1992). The use of Statistical Process Control and design of experiments in product and process improvement. *IIE Transactions*, 24(5): 4-17.
- Montgomery, D.C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*. Fifth Edition, John Wiley And Sons Inc., United States of America, 759 s.
- Montgomery, D.C., Runger, G.C. ve Hubele, N.F. (2011). *Engineering Statistics*. 3. Basım, Newyork, Wiley, 536 s.
- Murdoch, J. (1979). *Control charts*. Macrnillan, Press Ltd., s.56.
- Nazir, H.Z., Schoonhoven, M., Riaz, M. ve Does, R.J.M.M. (2014). Quality quandaries: how to set up a robust Shewhart control chart for dispersion?. *Quality Engineering*, 26: 130–136.
- Ncube, M.M. ve Woodall, W.H. (1984). A combined Shewhart-Cumulative score quality control chart. *Applied Statistics*, 33(3): 259-265.

- Nenes, G. ve Tagaras, G. (2007). An economic comparison of CUSUM and Shewhart charts. *IIE Transactions*, 40(2): 133-146.
- Niaki, S.T.A. ve Abbasi, B. (2005). Fault diagnosis in multivariate control charts using artificial neural networks. *Quality and Reliability Engineering International*, 2005(21): 825-840.
- Niska, H., Hiltunen, T., Karppinen, A., Ruuskanen, J. ve Kolehmainen, M. (2004). Evolving the neural network model for forecasting air pollution time series. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 17: 159–167.
- Noorossana, R. ve Vaghefi, S.J.M. (2006). Effect of autocorrelation on performance of the M-Cusum control chart. *Quality And Reliability Engineering International*, 22: 191-197.
- OAİB (2015). *Yonga Levha Sanayi 2015 Sektör Raporu*. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, 44 s.
- Oktay, E. (1994). Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Erzurum Şeker Fabrikasına Uygulaması Üzerine Bir Deneme. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Erzurum. 206 s.
- Oktay, E. (1998). *Kalite kontrol grafikleri*. Şafak Yayınevi, Yayın No:86, Erzurum.
- Oktay, E. ve Özçomak, M.S. (2001). CUSUM kontrol grafikleri ve bir uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(1-2): 361-387.
- Onaran, B.D. (2010). Forecasting Exchange Rates Using Artificial Neural Networks. Yüksek Lisans Programı, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Finans Anabilim Dalı, 58 s.
- Öğücü, M.O. (2006). Yapay Sinir Ağları İle Sistem Tanıma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, 97 s.
- Örümlü, M. (2006). Üretim Sürecinde İstatistiksel Proses Kontrol ve İşletme Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Manisa, 146 s.
- Özcan, S. (2001). İPK tekniklerinden pareto analizi ve çimento sanayinde bir uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(2): 151-174.
- Özçil, A. (2014). Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, 127 s.
- Özdamar, İ.H. (2006). Bulanık İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Bir Orman Endüstrisi İşletmesinde Uygulama. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 236 s.

- Özdamar, İ.H. (2007). Orman ürünleri endüstrisinde istatistiksel kalite kontrol: yonga levha üretiminde bir çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 79-91.
- Özdemir, M.A. ve Bahadır, M. (2010). Denizli’de Box Jenkins tekniği ile küresel iklim değişikliği öngörülleri. *The Journal of International Social Research*, Volume: 3(12): 352-362.
- Özen, R. ve Vurdu, H. (1988). Orman ürünleri sanayinin genel durumu. *Türkiye’de Orman Ürünleri Sanayi Paneli*, Tebliğ Metinleri, Haziran 1988, Ankara, s. 21-30.
- Özer, S. (1991). Toplam Kalite Kontrol’ün püf noktaları. *Kalite Dergisi*, Şişecam, Eylül, 2:8.
- Özkale, M.R. (2004). İstatistik Kalite Kontrol Yöntemleri ve Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 195 s.
- Öztekin, B. (2003). 1011 Ordudonatım Ana Tamir Fabrikaları’nda İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Komutanlığı, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Savunma Yönetimi Anabilim Dalı, 169 s.
- Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 231 s.
- Öztemel, E. (2016). *Yapay Sinir Ağları*. Papatyabilim Yayıncılık, İstanbul, 232 s.
- Öztürk, A. (2007). İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri Kabul Örneklemesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, 108 s.
- Öztürk, N. (1993). Toplam Kalite Yönetiminde Motivasyon, Eğitim ve Katılımın Önemi. *Verimlilik Dergisi*, Milli Produktivite Merkezi Yayını (Özel Sayı), Ankara: Çağın Ofset, 61-65.
- Özün, A. (2011). Yapay Sinir Ağları İle Risk Öngörüsü. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gazetecilik Anabilim Dalı, İstanbul, 154 s.
- Özveren, M. (2000). *Toplam Kalite Yönetimi temel kavramlar ve uygulamalar*. İstanbul, Alfa Yayınları, s.36.
- Özyılmaz, D. (2003). Süreç İyileştirme Teknikleri ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 123 s.
- Page, E.S. (1954). Continuous inspection schemes. *Biometrika*. 42: 243-254.
- Pekmezci, A. (2005). İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, 130 s.

- Peng, T.M., Hubele, N.F. ve Karady, G.G. (1992). Advancement in the application of neural networks for short-term load forecasting. *Transactions On Power Systems*, 7(1): 250-257.
- Peşkircioğlu, N. (1999). *Kalite yönetiminde ISO 9000 uygulamaları*. 2. Baskı, MPM Yayın No: 620, 31 s.
- Pijanowski, B.C., Brown, D.G., Shellito, B.A. ve Manik G.A. (2002). Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A land transformation model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26 (2002): 553–575.
- Pince, B.W. (1991). *Statistical process control*. SPC Manuel, Crysler, Ford ve General Motors, Michigan, s.115.
- Pindoriya, N.M., Singh, S.N. ve Singh, S.K. (2008). An adaptive wavelet neural network-based energy, price forecasting in electricity markets. *IEEE Transactions On Power Systems*, 23(3): 1423-1432.
- Price, F. (1984). *Right first time: using quality control for profit*. Aldershot, Gower, 296 s.
- Psarakis, S. (2011). The use of neural networks in statistical process control charts. *Quality An Reliability Engineering International*, 27 (2011): 641–665.
- Quesada P.H.J. ve Arias, E. (2014). Statistical process control: applications and examples for forest products industries. *Virginia Cooperative Extension*, Virginia State University, 32 pp.
- Rao, A., Carr, L.P., Dambolena, I., Kopp, R.J., Martin, J., Rafii, F. ve Schlesinger P.F. (1996). *Total Quality Management: a cross functional perspective*. John Wiley & Sons Inc., Canada, s.289.
- Raza, H. Prasad, G. ve Li, Y. (2015). EWMA model based shift-detection methods for detecting covariate shifts in non-stationary environments, *Pattern Recognition* 48: 659–669.
- Reynolds, M.R. ve Stoumbos, Z.G. (2000). A general approach to modeling CUSUM charts for a proportion. *IIE Transactions*, 32(6): 515-535.
- Riaz, M. Abbas, N. ve Does, R.J.M.M. (2011). Improving the performance of CUSUM charts, *Qual. Reliab. Engng. Int.* 27: 415-424.
- Roberts, S.W. (1959). Control chart tests based on geometric moving averages. *Technometrics*, 1: 239-250.
- Rosander, A.C. (1989). *The Quest for Quality in Services*. ASQC, New York, 816 s.
- Russo, S.L., Camargo, M.E. ve Fabris, J.P. (2012). *Practical concepts of quality control*. Edited by Mohammed Saber Fallah Nezhad, Intech, Rijeka, Croatia, s. 36.

- Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. (2003). *Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları*. Ufuk Yayıncılık, Kayseri, 426 s.
- Sakarya, S. ve Canlı, Ş. (2011). Ahşap Kaplama Malzemeleri Sektör Raporu, Orta Anadolu Ağaç Mamulleri ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği, 17 s.
- Saraç, Ö. (2000). Türk Vergi Yönetiminde Toplam Kalite. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mali Hukuk Anabilim Dalı, İzmir, 166 s.
- Sarı, M. (2016). Yapay Sinir Ağları ve Bir Otomotiv Firmasında Satış Talep Tahmini Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, 114 s.
- Sarkadi, K. ve Vincze, I. (1974). *Mathematical methods of Statistical Quality Control*. Academic Press, Newyork, s.261.
- Scandol, J.P. (2003). Use of cumulative sum (CUSUM) control charts of landed catch in the management of fisheries. *Fisheries Research*, 64: 19–36.
- Schoneburg, E. (1990). Stock price prediction using neural net works: A project report. *Neurocomputing*, 2: 17–27.
- Serel, D.A. (2009). Economic design of EWMA control charts based on loss function. *Mathematical and Computer Modelling*, 49 (2009): 745-759.
- Serel, D.A. ve Moskowitz, H. (2008). Joint economic design of EWMA control charts for mean and variance. *European Journal of Operational Research*, 184 (2008): 157–168.
- Shewhart, W.A. (1924). Some applications of statistical methods to the analysis of physical and engineering data. *Bell System Technical Journal*, 3(1): 43-87.
- Silvan, J.M., Rosario, P. ve Martinez, J.L. (2013). On the use of V-mask techniques to estimate variations in Cusum control charts by using a commercial spreadsheet. *Accred Qual Assur*, 18: 299–306.
- Smith, A.E. (1994). X-bar and R control chart interpretation using neural computing. *International Journal of Production Research*, 32 (2): 309-320.
- Stace, R. (1994). TQM and the role of internal audit. *Australian accountant*, 64(6): 9-26.
- Staudhammer, C., Kozak, R.A. ve Maness, T.C. (2006). SPC methods for detecting simple sawing defects using real-time laser range sensor data. *Wood and Fiber Science*, 38(4): 696–716.
- Stevenson, W.J. (1993). *Production/Operations management*. 4 th Edition, Boston: Irwin, 916 s.

- Stutzle, T. (1995). A neural network approach to quality control charts from natural to artificial neural computation. *Proceedings of the International Workshop on Artificial Neural Networks*. Malaga-Torremolinos, Spain, pp. 1135-1141.
- Şahin, M., Büyüktümtürk, F. ve Oğuz, Y. (2013). Yapay Sinir Ağları ile aydınlık kalitesi kontrolü. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2013): 1-10.
- Şahin, S. (2000). İstatistiksel Kalite Kontrolünde Üstel ve Weibul Dağılımların X-Kontrol Grafiklerine Uygulanması Üzerine Teorik Bir Yaklaşım. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, 122 s.
- Taguchi, G. (1986). *Introduction to quality engineering: designing quality in to products and processes*. Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan, 191 s.
- Testik, M.C. (1999). İstatistiksel Süreç Kontrol Şemalarının Değişik Koşullar Altında Performans Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 88 s.
- TOBB (2011). Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, TOBB Yayın Sıra No: 2012/172, Ankara, 49 s.
- TOBB (2012). Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, TOBB Yayın Sıra No: 2014/211, Ankara, 48 s.
- TOBB (2013). Türkiye Mobilya Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, TOBB Yayın No: 2014/212, Ankara, 74 s.
- Topalidou, E. ve Psarakis, S. (2009). Review of multinomial and multiattribute quality control charts. *Quality and Reliability Engineering International*, 25: 773 – 804.
- Topçuoğlu, K., Pamuk, G. ve Özgürel, M. (2005). Gediz havzası yağışlarının stokastik modellemesi. *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg.*, 42: 89-97.
- Toraman, A. (2010). Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Maliyet Hastanesi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 97 s.
- TSE (1991). TS-ISO 9005, Ankara, s.8.
- TSE (1993). Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme ve Eğilme Direnci Elastikiyet Modülünün Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 310, Ankara.
- TSE (1999). Yongalevhalar ve Liflevhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 319, Ankara.
- TSE (2005). Ahşap Esaslı Levhalar-Yüzey Sağlamlığı Değerinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 311, Ankara.

- TSE (2011). Yongalevhalar ve Lif Levhalar-Vida Tutma Mukavemetinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 320, Ankara.
- Tunail, A.İ. (1984). Endüstriyel üretimde kalite iyileştirilmesi. *Sanayi Endüstri Mühendisliği*, İde Matbaacılık, 11: 28-31.
- Turhan, C. (2012). Prediction Of Energy Consumption Of Residential Buildings By Artificial Neural Networks And Fuzzy Logic. Master Of Science, İzmir Institute Of Technology, Energy Engineering, İzmir, 81 s.
- TÜİK (2011). *İstatistiksel Kalite Kontrol, Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi – 11*. Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara, 48 s.
- Türküz, E. (2014). Kamu Sektöründe ve Özel Sektörde Toplam Kalite Yönetimi Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Yönetimi Ana Bilim Dalı Yönetim ve Organizasyon Bilim Dalı, 100 s.
- URL-1 (2016). Kaizen Felsefesi. <http://www.asbcert.com.tr/kaizenfelsefesi.html> (03.01.2016).
- URL-2 (2013). Kalite Geliştirme İçin İstatistik Yöntemler. <http://enm.blogcu.com/kalite-gelistirme-icin-istatistik-yontemler-1/9735463>, (10.10.2013).
- URL-3 (2014). Metot ve Zaman Etüdü Teknikleri İle Verimliliğin Arttırılması. <http://enm.blogcu.com/>, (23.10.2014).
- URL-4 (2014). Sunta nedir?. http://koyuncuoglu.com.tr/TR/124/Liste/sunta_sunta_lam/, (6.11.2014).
- Uryan, B. (2002). Toplam Kalite Yönetimi. *Mevzuat Degisi*, 55(5): 1-2.
- Uygun, İ. (2015). Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Enerji Sektöründe Talep Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Yöneylem Araştırması Bilim Dalı, İstanbul, 734 s.
- Ülen, M. (2010). Çok Değişkenli İstatistiksel Kalite Kontrolünün İlaç Endüstrisine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim, 114 s.
- Vargas, V.D.C.C.D., Lopes, L.F.D. ve Souza, A.M. (2004). Comparative study of the performance of the CUSUM and EWMA control charts. *Computers & Industrial Engineering*, 46 (2004): 707–724.
- Velasco, T. ve Rowe, R. (1993). Back propagation artificial neural networks for the analysis of quality control charts. *Computers and Industrial Engineering*, 25(1-4): 397-400.
- Vural, B.B. (2007). Yapay Sinir Ağları İle Finansal Tahmin. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Ankara, 161 s.

- Walpole, R.E. ve Myers, R.H. (1989). *Probability and statistics for engineers and scientists*. 4th Edition, Macmillan Publishing Company, 765 s.
- Wang, X.A. ve Mahajan R.L. (1996). Artificial Neural Network model-based run-to-run process controller. *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology-Part c*, 19(1): 19-26.
- Wetherington, L. (2010). Evaluation of Cumulative Sum (Cusum) and Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Control Charts to Detect Changes in Underlying Demand Trends of Naval Aviation Spare. Thesis. Naval Postgraduate School, Monterey, California, 57 pp.
- Wilkison, A. (1992). The other side of quality, soft issues and the human resource dimension. *Total Quality Management*, 3(3): 323-329.
- Williams, S.M., Parry, B.R. ve Schlup, M.M.T. (1992). Quality Control: An application of the cusum. *BMJ: British Medical Journal*, 304(1992): 1359-1361.
- Witt, S.F. ve Witt, C.A. (1992). *Modeling and forecasting demand in tourism*. Academic Press, Londra, 195 s.
- Woodward, R.H. ve Goldsmith, P.L. (1964). *Cumulative sum techniques*. Monograf, No:3, Oliver and Boyd. Ltd., Edinburgh, s.2.
- Wu, Z., Yang, M., Jiang, W. ve Khoo, M.B.C. (2008). Optimization designs of the combined Shewhart-CUSUM control charts. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53(2008): 496-506.
- Wu, Z., Yang, M., Khoo, M.B.C. ve Castagliola, P. (2011). What are the best sample sizes for the Xbar and CUSUM charts?. *Int. J. Production Economics*, 131(2011): 650-662.
- Xia, Z., Guo, P. ve Zhao W. (2011). CUSUM methods for monitoring structural changes in structural equations, communications in statistics. *Theory and Methods*, 40(6): 1109-1123.
- Yalçın, N. (2012). Sezgisel Algoritma Öğrenmeli Yapay Sinir Ağları İle Epilepsi Hastalığının Teşhisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 79 s.
- Yaman, Y. (2013). Toplam Kalite Yönetimi ve Sağlık Sektörü. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, Hastane ve Sağlık Kurumları Yönetimi Bilim Dalı, İstanbul, 87 s.
- Yazıcı, K. (1992). ORÜS'ün "KİT" statüsüne gelmesiyle meydana gelen gelişmeler. *I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, s.73-77.

- Yeniocak, M. (2008). Bağ Budama Artıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Muğla, 89 s.
- Yeşilnacar, Y.O. (2011). Bilecik İlinin Yapay Sinir Ağları İle Rüzgâr Hızı, Basınç ve Sıcaklık Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik, 103 s.
- Yıldırım, H. (1999). İstatistiksel Proses (Süreç) Kontrol ve Isıl İşlem Fabrikasında Uygulaması. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, 143 s.
- Yıldız, N.G. (2009a). İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve FNSS Savunma Sistemleri Firmasında Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 201 s.
- Yıldız, D. (2009b). Zaman Serileri Analizi ve Yapay Sinir Ağları İle Tahmin: Yabancı Portföy Yatırımları Üzerine Uygulama. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, 203 s.
- Yıldız, E. (2011). Evaluation of Performance And Optimum Valve Settings For Pressure Management Using Forecasted Daily Demand Curves By Artificial Neural Networks. PhD Thesis, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Philosophy In Civil Engineering, 201 pp.
- Yılmaz, H. (2012). Çok Değişkenli İstatistiksel Süreç Kontrolü: Bir Hastane Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 137 s.
- Yılmaz, M. (2011). Süreç İyileştirme: Gaziosmanpaşa Üniversitesinde Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Tokat, 112 s.
- Yi, G., Coleman, S. ve Ren, Q. (2006). CUSUM method in predicting regime shifts and its performance in different stock markets allowing for transaction fees. *Journal of Applied Statistics*, 33(7): 647-661.
- Yi, J., Prybutok, V.R. ve Clayton, H.R. (2001). ARL comparisons between neural network models and x-control charts for quality characteristics that are nonnormally distributed. *Economic Quality Control*, 16 (1): 5-15.
- Yontay, P. (2011). A Two-Sided Cusum For First-Order Integer-Valued Autoregressive Processes Of Poisson Counts. Master Thesis, Middle East Technical University, Graduate School Of Natural And Applied Sciences, 103 s.
- Young, T. ve Winistorfer, P.M. (2001). The effects of autocorrelation on real-time statistical process control with solutions for forest products manufacturers. *Forest Products Journal*, 51 (11-12): 70-77.

- Yu, J., Han, Y., Miao, M. ve Huang, H. (2015). Self-related process residual control chart based on neural network. *International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling*, pp. 41-43.
- Yücel, M. (2007). Toplam Kalite Kontrolü açısından istatistiksel süreç kontrol tekniklerinin önemi. 8. *Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi*, 24-25 Mayıs, s. 14.
- Yücesoy, M. (2011). Temizlik Kağıtları Sektöründe Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 115 s.
- Yüksek, A.G. (2007). Hava Kirliliği Tahmininde Çoklu Regresyon Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları Yönteminin Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Sivas, 262 s.
- Yüksel, H. (1998a). Toplam Kalite Yönetiminde İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Bir İşletmede Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 114 s.
- Yüksel, F. (1998b). Belediyelerde Toplam Kalite Yönetimi'nin uygulanabilirliği üzerine bir tartışma. *Çukurova Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, Cilt: 8(1): 255-266.
- Zaman, B., Abbas, N., Riaz, M. ve Lee, M.H. (2016). Mixed Cusum-Ewma chart for monitoring process dispersion. *Int J Adv Manuf Technol* 86: 3025–3039.
- Zeren, F. ve Ergüzel, O.Ş. (2014). Forecast share prices with Artificial Neural Network in crisis periods. *Journal of Business Research-Türk*, 6(3): 16-28.
- Zhang, G., Patuwo, B.E. ve Hu, M.Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International Journal of Forecasting*. 14: 35–62.
- Zhang, J., Li, Z., Chen, B. ve Wang, Z. (2014). A new exponentially weighted moving average control chart for monitoring the coefficient of variation. *Computers & Industrial Engineering*, 78 (2014): 205–212.
- Zhang, P.G. (2003). *Business forecasting with artificial neural networks: an overview, neural networks in business forecasting*. İdea Group Publishing, USA, 296 s.
- Zorriassatine, F. ve Tannock J.D.T. (1998). A review of neural networks for statistical process control. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 9 (1998): 209-224.



EKLER DİZİNİ

EK-A. Kontrol Diyagramları İçin Kullanılan Fabrika Verileri

ÇEKME DİRENCİ DEĞERLERİ (N/mm ²) (2016 YILI ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	13 ŞUBAT 2016	0,4640233	0,3844851	0,3944491	0,3868248	0,3397233	0,4282374
2	13 ŞUBAT 2016	0,3707446	0,3925816	0,4101350	0,4920379	0,4608871	0,4374502
3	13 ŞUBAT 2016	0,3984000	0,4409639	0,4000000	0,3794769	0,4088353	0,3570281
4	14 ŞUBAT 2016	0,3496585	0,4375254	0,4501590	0,4310108	0,4169625	0,3866283
5	14 ŞUBAT 2016	0,4356367	0,4554347	0,3956286	0,3435360	0,4284569	0,415106
6	14 ŞUBAT 2016	0,4210736	0,3700000	0,4665394	0,4384770	0,4277091	0,3836327
7	15 ŞUBAT 2016	0,3251116	0,3776971	0,4002499	0,3351279	0,3446989	0,3438922
8	17 ŞUBAT 2016	0,4200000	0,4500000	0,4200000	0,3400000	0,4100000	0,4200000
9	17 ŞUBAT 2016	0,4776021	0,444664	0,4874051	0,4301556	0,4497616	0,4019230
10	17 ŞUBAT 2016	0,5114979	0,4545171	0,4347198	0,5078626	0,4623420	0,4109546
11	18 ŞUBAT 2016	0,4453489	0,3745245	0,4201795	0,4350137	0,4133368	0,4098749
12	18 ŞUBAT 2016	0,433002	0,4238569	0,3976143	0,4420582	0,4736000	0,3548931
13	18 ŞUBAT 2016	0,4659726	0,3979251	0,4060769	0,374884	0,4428904	0,4498803
14	19 ŞUBAT 2016	0,3648742	0,4003968	0,4605868	0,4332017	0,3794769	0,3916063
15	25 ŞUBAT 2016	0,5224127	0,4425826	0,4735009	0,4634227	0,4655286	0,474545
16	25 ŞUBAT 2016	0,5084616	0,4138156	0,3712415	0,4036307	0,4314516	0,4493782
17	25 ŞUBAT 2016	0,5153967	0,4219174	0,4884521	0,4892586	0,4557914	0,4918929
18	26 ŞUBAT 2016	0,4867211	0,406327	0,3722178	0,4433364	0,3812913	0,3849947
19	26 ŞUBAT 2016	0,3817415	0,3699428	0,4204017	0,4441767	0,4910752	0,5104777
20	13 MART 2016	0,5576900	0,431673	0,490619	0,477689	0,3988430	0,460723
21	14 MART 2016	0,5320160	0,427668	0,528063	0,468515	0,5320290	0,365606
22	14 MART 2016	0,4256860	0,413546	0,433342	0,401984	0,4821520	0,444664
23	14 MART 2016	0,441499	0,448092	0,397561	0,499165	0,4681350	0,452458
24	15 MART 2016	0,357831	0,379518	0,371888	0,366667	0,4044180	0,414458
25	15 MART 2016	0,34415	0,351889	0,302982	0,389662	0,3598410	0,421471
26	15 MART 2016	0,435458	0,445649	0,444201	0,490517	0,4641520	0,418507
27	19 MART 2016	0,442652	0,397980	0,433142	0,451105	0,4701710	0,432892
28	20 MART 2016	0,424498	0,399992	0,390948	0,439262	0,434845	0,417357
29	20 MART 2016	0,495951	0,492742	0,515556	0,43629	0,389879	0,381855
30	20 MART 2016	0,469062	0,41780	0,467451	0,425087	0,422626	0,452516
31	21 MART 2016	0,439835	0,482739	0,372065	0,437898	0,402806	0,414402
32	21 MART 2016	0,429595	0,443789	0,394603	0,452922	0,450893	0,429602
33	25 NİSAN 2016	0,439835	0,482739	0,372065	0,437898	0,402806	0,414402
34	25 NİSAN 2016	0,565494	0,513009	0,489338	0,560383	0,557999	0,493600
35	25 NİSAN 2016	0,466926	0,512352	0,610924	0,584192	0,520396	0,465982
36	26 NİSAN 2016	0,515665	0,472741	0,441604	0,440067	0,471626	0,435141
37	27 NİSAN 2016	0,423143	0,452916	0,49209	0,477007	0,556987	0,550373
38	27 NİSAN 2016	0,546495	0,496276	0,436624	0,530715	0,506071	0,526797
39	29 NİSAN 2016	0,417187	0,471006	0,444158	0,486545	0,497570	0,482100
40	30 NİSAN 2016	0,477508	0,441122	0,478311	0,423020	0,463175	0,51339
41	30 NİSAN 2016	0,511423	0,432102	0,426754	0,531443	0,546191	0,475654
42	30 NİSAN 2016	0,45465	0,418418	0,423979	0,393635	0,429654	0,450699

ELASTİKİYET MODÜLÜ DEĞERLERİ (N/mm ²) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	13 ŞUBAT 2016	2795	2839	2544	2659	2450	2450
2	13 ŞUBAT 2016	2496	2871	2687	2409	2429	2370
3	13 ŞUBAT 2016	2639	2612	2583	2394	2149	2344
4	14 ŞUBAT 2016	2631	3045	2277	2570	2330	2656
5	14 ŞUBAT 2016	2746	2696	2700	2474	2211	2495
6	14 ŞUBAT 2016	2390	2633	2208	2456	2492	2302
7	15 ŞUBAT 2016	2292	2605	2187	2190	2708	2023
8	17 ŞUBAT 2016	2779	2835	2654	2408	2475	2427
9	17 ŞUBAT 2016	2662	2742	2501	2467	2360	2325
10	17 ŞUBAT 2016	2793	2622	2220	2463	2365	2543
11	18 ŞUBAT 2016	2685	2969	2626	2515	2481	2426
12	18 ŞUBAT 2016	2546	2553	2573	2249	2013	2218
13	18 ŞUBAT 2016	2523	2695	2527	2418	2798	2604
14	19 ŞUBAT 2016	2467	2814	2350	2360	2638	2308
15	25 ŞUBAT 2016	2750	2894	2662	2510	2591	2463
16	25 ŞUBAT 2016	2592	2707	2523	2669	2243	2343
17	25 ŞUBAT 2016	2811	2818	2885	2632	2602	2732
18	26 ŞUBAT 2016	2822	2603	2965	2671	2315	2378
19	26 ŞUBAT 2016	2533	2539	2661	2584	2286	2464
20	13 MART 2016	2589	2726	2406	2515	2359	2262
21	14 MART 2016	2837	2810	2533	2470	2459	2495
22	14 MART 2016	2478	2855	2542	2324	2422	2392
23	14 MART 2016	2303	2126	2165	2452	2058	2164
24	15 MART 2016	2423	2584	2606	2336	2240	2318
25	15 MART 2016	2904	2386	2523	2269	2518	2574
26	15 MART 2016	2744	3213	2831	2720	2762	2598
27	19 MART 2016	2854	2894	2714	2780	2625	2419
28	20 MART 2016	2956	2785	2718	2729	2614	2503
29	20 MART 2016	2487	2953	2569	2531	2612	2227
30	20 MART 2016	2449	2566	2765	2662	2478	2592
31	21 MART 2016	2632	2892	2653	2547	2563	2275
32	21 MART 2016	2598	2404	2432	2370	2272	2182
33	25 NİSAN 2016	2632	2892	2653	2547	2563	2275
34	25 NİSAN 2016	2604	2688	2476	2710	2461	2391
35	25 NİSAN 2016	2289	3036	2530	2406	2556	2440
36	26 NİSAN 2016	2488	2960	2485	2570	2571	2391
37	27 NİSAN 2016	2558	2563	2932	2530	2218	2517
38	27 NİSAN 2016	2706	2907	2839	2701	2316	2692
39	29 NİSAN 2016	2739	3016	3063	2838	2560	2752
40	30 NİSAN 2016	2574	2833	2676	2586	2465	2543
41	30 NİSAN 2016	2485	2634	2695	2757	2289	2610
42	30 NİSAN 2016	2488	2824	2967	2336	2403	2432

YÜZEY SAĞLAMLIĞI DEĞERLERİ (N/mm ²) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	13 ŞUBAT 2016	0,955	0,913	0,989	1,020	0,657	0,958
2	13 ŞUBAT 2016	0,968	0,604	1,051	1,115	1,148	0,890
3	13 ŞUBAT 2016	0,675	0,945	1,093	1,106	1,102	1,072
4	14 ŞUBAT 2016	1,066	1,150	1,060	1,145	1,272	0,718
5	14 ŞUBAT 2016	1,059	1,247	0,911	1,081	1,059	0,945
6	14 ŞUBAT 2016	0,964	1,117	1,090	1,159	1,006	1,038
7	15 ŞUBAT 2016	0,821	1,063	0,999	0,912	0,895	0,801
8	17 ŞUBAT 2016	0,957	1,028	1,069	1,039	1,050	0,835
9	17 ŞUBAT 2016	0,726	0,927	1,063	1,165	1,057	0,827
10	17 ŞUBAT 2016	1,231	1,289	1,167	1,117	1,109	1,082
11	18 ŞUBAT 2016	0,940	1,144	1,180	0,912	0,703	0,989
12	18 ŞUBAT 2016	1,050	0,989	0,578	1,107	1,185	1,184
13	18 ŞUBAT 2016	1,164	0,862	1,078	0,905	0,985	0,584
14	19 ŞUBAT 2016	0,976	0,681	0,988	1,050	0,885	0,793
15	25 ŞUBAT 2016	1,156	0,999	1,183	1,144	1,212	1,174
16	25 ŞUBAT 2016	1,106	1,145	0,675	1,053	1,096	1,178
17	25 ŞUBAT 2016	1,251	0,893	1,268	1,031	1,139	1,043
18	26 ŞUBAT 2016	1,014	1,116	0,917	0,868	0,932	1,220
19	26 ŞUBAT 2016	0,764	1,042	0,935	1,110	1,076	1,164
20	13 MART 2016	0,985	1,100	0,971	1,377	1,302	1,203
21	14 MART 2016	1,049	0,923	1,172	0,722	0,875	1,032
22	14 MART 2016	1,149	1,055	1,131	1,184	1,262	1,146
23	14 MART 2016	1,003	0,916	1,042	0,553	0,982	0,851
24	15 MART 2016	0,883	1,058	1,148	0,868	0,973	0,998
25	15 MART 2016	0,935	0,916	0,991	0,776	1,093	1,165
26	15 MART 2016	1,164	1,047	1,264	1,269	1,069	1,311
27	19 MART 2016	0,972	0,777	1,062	1,062	0,914	0,744
28	20 MART 2016	1,018	0,878	0,814	0,951	0,973	0,985
29	20 MART 2016	0,959	1,064	0,988	1,033	1,131	1,138
30	20 MART 2016	0,915	0,846	0,835	1,016	0,957	0,972
31	21 MART 2016	1,105	1,006	0,981	0,965	0,748	0,851
32	21 MART 2016	0,975	1,004	1,103	1,191	1,023	1,059
33	25 NİSAN 2016	1,105	1,006	0,981	0,965	0,748	0,851
34	25 NİSAN 2016	1,436	1,310	1,377	1,271	1,495	1,261
35	25 NİSAN 2016	1,407	1,252	1,279	1,219	1,215	1,128
36	26 NİSAN 2016	1,366	1,237	1,396	1,395	1,208	1,304
37	27 NİSAN 2016	1,186	1,213	1,040	1,015	1,051	1,131
38	27 NİSAN 2016	1,534	1,261	1,334	1,432	1,203	0,944
39	29 NİSAN 2016	1,129	1,155	0,978	0,790	1,142	1,173
40	30 NİSAN 2016	1,083	0,980	1,086	0,738	1,195	0,974
41	30 NİSAN 2016	1,204	1,053	0,854	1,107	1,043	1,070
42	30 NİSAN 2016	1,156	1,035	0,912	1,006	1,093	1,148

VİDA TUTMA DİRENCİ DEĞERLERİ (Newton) (ŞUBAT-MART-NİSAN AYLARI)				
NO	TARİH	PARÇA NO		
		X1	X2	X3
1	13 ŞUBAT 2016	625	688	692
2	13 ŞUBAT 2016	608	642	669
3	13 ŞUBAT 2016	837	747	744
4	14 ŞUBAT 2016	739	838	732
5	14 ŞUBAT 2016	824	546	708
6	14 ŞUBAT 2016	820	759	761
7	15 ŞUBAT 2016	650	674	569
8	17 ŞUBAT 2016	786	771	807
9	17 ŞUBAT 2016	686	697	728
10	17 ŞUBAT 2016	852	1041	801
11	18 ŞUBAT 2016	773	619	735
12	18 ŞUBAT 2016	829	720	864
13	18 ŞUBAT 2016	595	685	728
14	19 ŞUBAT 2016	572	768	681
15	25 ŞUBAT 2016	1002	855	825
16	25 ŞUBAT 2016	766	687	746
17	25 ŞUBAT 2016	792	623	959
18	26 ŞUBAT 2016	891	705	796
19	26 ŞUBAT 2016	626	660	926
20	13 MART 2016	917	550	759
21	14 MART 2016	915	712	799
22	14 MART 2016	594	686	673
23	14 MART 2016	678	784	720
24	15 MART 2016	657	707	594
25	15 MART 2016	829	766	674
26	15 MART 2016	767	850	756
27	19 MART 2016	837	742	793
28	20 MART 2016	661	738	675
29	20 MART 2016	824	840	846
30	20 MART 2016	757	630	806
31	21 MART 2016	764	717	649
32	21 MART 2016	821	696	780
33	25 NİSAN 2016	764	717	649
34	25 NİSAN 2016	932	711	781
35	25 NİSAN 2016	872	841	930
36	26 NİSAN 2016	858	775	765
37	27 NİSAN 2016	949	758	1027
38	27 NİSAN 2016	872	682	921
39	29 NİSAN 2016	811	843	876
40	30 NİSAN 2016	872	674	818
41	30 NİSAN 2016	710	857	782
42	30 NİSAN 2016	606	622	799

EK-B. Yapay Sinir Ağları İçin Kullanılan Fabrika Verileri

ÇEKME DİRENCİ DEĞERLERİ (N/mm ²) (MAYIS-HAZİRAN-TEMMUZ AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	1 MAYIS 2016	0,486	0,494	0,440	0,503	0,455	0,599
2	1 MAYIS 2016	0,540	0,575	0,594	0,547	0,523	0,486
3	1 MAYIS 2016	0,654	0,608	0,553	0,531	0,444	0,657
4	2 MAYIS 2016	0,539	0,574	0,505	0,500	0,569	0,597
5	2 MAYIS 2016	0,516	0,501	0,481	0,503	0,575	0,571
6	2 MAYIS 2016	0,482	0,441	0,367	0,421	0,441	0,496
7	3 MAYIS 2016	0,485	0,481	0,473	0,469	0,511	0,577
8	3 MAYIS 2016	0,426	0,565	0,607	0,510	0,514	0,698
9	3 MAYIS 2016	0,542	0,470	0,498	0,459	0,483	0,618
10	4 MAYIS 2016	0,558	0,542	0,490	0,496	0,571	0,689
11	4 MAYIS 2016	0,535	0,453	0,567	0,538	0,482	0,552
12	4 MAYIS 2016	0,448	0,530	0,533	0,511	0,522	0,467
13	5 MAYIS 2016	0,595	0,558	0,560	0,614	0,606	0,611
14	5 MAYIS 2016	0,500	0,475	0,554	0,435	0,467	0,580
15	6 MAYIS 2016	0,446	0,495	0,426	0,447	0,480	0,418
16	6 MAYIS 2016	0,469	0,425	0,387	0,459	0,507	0,465
17	6 MAYIS 2016	0,440	0,464	0,417	0,413	0,450	0,485
18	7 MAYIS 2016	0,544	0,430	0,447	0,394	0,422	0,515
19	7 MAYIS 2016	0,450	0,497	0,528	0,426	0,411	0,470
20	7 MAYIS 2016	0,512	0,432	0,542	0,474	0,485	0,459
21	8 MAYIS 2016	0,426	0,441	0,458	0,431	0,508	0,512
22	8 MAYIS 2016	0,493	0,492	0,504	0,433	0,437	0,388
23	9 MAYIS 2016	0,542	0,403	0,428	0,422	0,415	0,448
24	9 MAYIS 2016	0,510	0,484	0,404	0,434	0,447	0,479
25	9 MAYIS 2016	0,479	0,528	0,541	0,476	0,511	0,503
26	10 MAYIS 2016	0,494	0,509	0,500	0,399	0,470	0,463
27	22 MAYIS 2016	0,476	0,413	0,504	0,413	0,503	0,456
28	23 MAYIS 2016	0,491	0,447	0,439	0,417	0,472	0,402
29	23 MAYIS 2016	0,446	0,450	0,488	0,490	0,495	0,416
30	23 MAYIS 2016	0,496	0,467	0,446	0,396	0,429	0,463
31	24 MAYIS 2016	0,561	0,473	0,440	0,377	0,484	0,394
32	24 MAYIS 2016	0,486	0,448	0,408	0,464	0,461	0,494
33	24 MAYIS 2016	0,421	0,426	0,444	0,455	0,465	0,476
34	25 MAYIS 2016	0,489	0,469	0,487	0,433	0,459	0,461
35	25 MAYIS 2016	0,425	0,422	0,412	0,440	0,503	0,478
36	26 MAYIS 2016	0,441	0,371	0,420	0,399	0,427	0,464
37	7 HAZİRAN 2016	0,440	0,490	0,610	0,480	0,470	0,510
38	8 HAZİRAN 2016	0,470	0,430	0,420	0,480	0,470	0,590
39	9 HAZİRAN 2016	0,580	0,590	0,550	0,610	0,540	0,440
40	23 HAZİRAN 2016	0,480	0,410	0,330	0,410	0,520	0,370
41	23 HAZİRAN 2016	0,410	0,360	0,410	0,360	0,470	0,460
42	24 HAZİRAN 2016	0,450	0,470	0,510	0,400	0,450	0,470
43	4 TEMMUZ 2016	0,580	0,580	0,530	0,570	0,600	0,520
44	5 TEMMUZ 2016	0,480	0,440	0,560	0,510	0,450	0,490
45	5 TEMMUZ 2016	0,510	0,550	0,540	0,420	0,420	0,540
46	5 TEMMUZ 2016	0,460	0,420	0,460	0,390	0,430	0,440
47	6 TEMMUZ 2016	0,420	0,480	0,450	0,450	0,440	0,470
48	6 TEMMUZ 2016	0,420	0,510	0,570	0,510	0,500	0,360
49	6 TEMMUZ 2016	0,440	0,480	0,440	0,400	0,460	0,490
50	7 TEMMUZ 2016	0,410	0,370	0,360	0,430	0,470	0,480
51	7 TEMMUZ 2016	0,460	0,400	0,440	0,470	0,440	0,430
52	7 TEMMUZ 2016	0,460	0,500	0,490	0,510	0,460	0,470
53	17 TEMMUZ 2016	0,390	0,370	0,390	0,310	0,390	0,350
54	18 TEMMUZ 2016	0,430	0,490	0,430	0,460	0,450	0,420
55	18 TEMMUZ 2016	0,460	0,470	0,530	0,480	0,470	0,470
56	18 TEMMUZ 2016	0,410	0,430	0,480	0,490	0,560	0,520
57	19 TEMMUZ 2016	0,380	0,440	0,410	0,370	0,450	0,360
58	19 TEMMUZ 2016	0,450	0,430	0,370	0,390	0,430	0,440
59	19 TEMMUZ 2016	0,330	0,350	0,370	0,380	0,430	0,390
60	20 TEMMUZ 2016	0,410	0,460	0,390	0,430	0,390	0,460
61	20 TEMMUZ 2016	0,320	0,410	0,410	0,450	0,460	0,420
62	20 TEMMUZ 2016	0,540	0,450	0,440	0,460	0,480	0,520
63	21 TEMMUZ 2016	0,540	0,450	0,440	0,460	0,480	0,520
64	21 TEMMUZ 2016	0,370	0,390	0,380	0,410	0,380	0,390
65	21 TEMMUZ 2016	0,430	0,390	0,290	0,390	0,380	0,290

ELASTİKİYET MODÜLÜ DEĞERLERİ (N/mm ²) (MAYIS-HAZİRAN-TEMMUZ AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	1 MAYIS 2016	2460	3135	2761	2688	2718	2598
2	1 MAYIS 2016	2520	2853	2537	2569	2638	2449
3	1 MAYIS 2016	2641	2879	2936	2769	2467	2632
4	2 MAYIS 2016	2754	2648	2971	2558	2532	2694
5	2 MAYIS 2016	2565	2648	2893	2521	2337	2580
6	2 MAYIS 2016	2657	2810	2922	2623	2491	2573
7	3 MAYIS 2016	2558	2644	2521	2557	2454	2431
8	3 MAYIS 2016	1834	2551	2310	1967	2092	2151
9	3 MAYIS 2016	2293	1942	1546	2254	1841	1694
10	4 MAYIS 2016	2427	2699	3065	2601	2519	2631
11	4 MAYIS 2016	3048	3288	3026	3077	2705	2805
12	4 MAYIS 2016	2318	2778	2514	2511	2618	2459
13	5 MAYIS 2016	2614	2736	2647	2732	2430	2594
14	5 MAYIS 2016	2496	2836	3066	2642	2610	2531
15	6 MAYIS 2016	1937	2612	2131	2639	2515	2331
16	6 MAYIS 2016	2607	2640	2732	2499	2374	2366
17	6 MAYIS 2016	3013	3146	2872	2975	2601	2609
18	7 MAYIS 2016	2425	2926	2668	2610	2607	2546
19	7 MAYIS 2016	2381	3090	2747	2590	2580	2468
20	7 MAYIS 2016	2894	2706	2915	2689	2698	2578
21	8 MAYIS 2016	2551	2459	2611	2845	2541	2440
22	8 MAYIS 2016	2537	3179	2803	2842	2577	2789
23	9 MAYIS 2016	2570	2900	2935	2423	2567	2477
24	9 MAYIS 2016	2783	2817	2765	2641	2388	2383
25	9 MAYIS 2016	2511	2428	2689	2468	2177	2388
26	10 MAYIS 2016	2603	2844	2507	2717	2529	2416
27	22 MAYIS 2016	2629	2762	2336	2419	2397	2263
28	23 MAYIS 2016	2633	2631	2172	2558	2372	2281
29	23 MAYIS 2016	2434	2780	2463	2654	2536	2548
30	23 MAYIS 2016	2548	2716	2505	2479	2352	2423
31	24 MAYIS 2016	2716	2654	2586	2576	2481	2356
32	24 MAYIS 2016	2595	2708	2808	2568	2419	2345
33	24 MAYIS 2016	2114	2711	2495	2238	2351	2328
34	25 MAYIS 2016	2335	2361	2212	2429	2328	2255
35	25 MAYIS 2016	2622	2760	2620	2401	2310	2237
36	26 MAYIS 2016	2627	2739	2566	2468	2566	2619
37	7 HAZİRAN 2016	2704	3226	2705	2784	2726	2747
38	8 HAZİRAN 2016	2469	2741	2609	2535	2244	2496
39	9 HAZİRAN 2016	2424	2858	2634	2408	2492	2425
40	23 HAZİRAN 2016	2825	2922	3154	2305	2212	2388
41	23 HAZİRAN 2016	2428	2710	2401	2430	2289	2291
42	24 HAZİRAN 2016	2575	2884	2370	2694	2639	2603
43	4 TEMMUZ 2016	2534	2867	2313	2439	2493	2553
44	5 TEMMUZ 2016	2606	2811	2365	2333	2542	2454
45	5 TEMMUZ 2016	2365	2762	2808	2468	2466	2320
46	5 TEMMUZ 2016	2647	2750	2528	2562	2275	2313
47	6 TEMMUZ 2016	2501	2461	2588	2434	2737	2379
48	6 TEMMUZ 2016	2451	2836	1784	2467	2517	2209
49	6 TEMMUZ 2016	2408	2785	2439	2489	2224	2177
50	7 TEMMUZ 2016	2204	2299	2265	2095	2614	2439
51	7 TEMMUZ 2016	2098	2389	2376	2217	2296	2148
52	7 TEMMUZ 2016	2289	2913	2245	2438	2538	2232
53	17 TEMMUZ 2016	2473	2719	2578	2429	2329	2260
54	18 TEMMUZ 2016	2400	2805	2145	2507	2321	2235
55	18 TEMMUZ 2016	2402	2777	2501	2449	2481	2343
56	18 TEMMUZ 2016	2361	2561	2656	2255	2328	2310
57	19 TEMMUZ 2016	2268	2773	2234	2425	2281	2045
58	19 TEMMUZ 2016	2317	2671	2410	2647	2485	2519
59	19 TEMMUZ 2016	1868	2709	2292	2156	2299	2250
60	20 TEMMUZ 2016	2562	2772	2480	2476	2389	2576
61	20 TEMMUZ 2016	1906	2613	2393	2000	2370	2239
62	20 TEMMUZ 2016	2414	2437	2625	2388	2240	2218
63	21 TEMMUZ 2016	2414	2437	2625	2388	2240	2218
64	21 TEMMUZ 2016	1887	2503	2269	2105	2330	2303
65	21 TEMMUZ 2016	2253	2758	2138	2456	2388	2396

YÜZEY SAĞLAMLIĞI DEĞERLERİ (N/mm ²) (MAYIS-HAZİRAN-TEMMUZ AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	1 MAYIS 2016	1,062	1,165	0,927	1,253	1,09	1,337
2	1 MAYIS 2016	1,089	1,167	1,136	1,124	1,181	1,244
3	1 MAYIS 2016	1,132	1,369	1,187	1,081	1,192	1,226
4	2 MAYIS 2016	1,057	1,108	1,195	1,076	1,234	1,356
5	2 MAYIS 2016	1,207	1,030	1,132	1,123	1,253	1,210
6	2 MAYIS 2016	1,166	0,980	1,145	1,101	1,216	1,325
7	3 MAYIS 2016	0,818	1,100	1,005	1,118	1,387	1,350
8	3 MAYIS 2016	1,009	1,110	1,294	1,119	1,257	1,054
9	3 MAYIS 2016	1,194	1,275	1,030	1,191	1,106	1,326
10	4 MAYIS 2016	1,183	1,287	1,198	1,280	1,279	1,217
11	4 MAYIS 2016	1,537	1,254	1,112	1,268	1,248	1,288
12	4 MAYIS 2016	1,012	1,254	1,127	1,059	1,319	1,058
13	5 MAYIS 2016	1,259	0,86	0,945	1,017	0,935	1,384
14	5 MAYIS 2016	1,262	1,174	1,281	1,049	1,047	1,128
15	6 MAYIS 2016	1,067	1,154	1,067	1,216	1,097	0,954
16	6 MAYIS 2016	1,278	1,185	1,277	1,183	1,392	1,194
17	6 MAYIS 2016	1,360	0,940	1,148	1,089	1,155	1,199
18	7 MAYIS 2016	0,817	1,031	1,249	1,130	0,899	0,954
19	7 MAYIS 2016	1,084	1,200	1,146	1,178	1,048	1,186
20	7 MAYIS 2016	1,155	1,325	1,199	1,103	1,319	1,156
21	8 MAYIS 2016	0,976	1,048	1,149	1,175	1,006	1,062
22	8 MAYIS 2016	1,213	1,323	1,493	1,159	1,363	1,230
23	9 MAYIS 2016	1,354	1,386	0,967	0,968	1,163	0,884
24	9 MAYIS 2016	1,181	1,266	1,106	1,137	1,255	1,259
25	9 MAYIS 2016	1,057	1,136	1,183	1,144	1,195	1,281
26	10 MAYIS 2016	1,206	1,285	1,084	1,057	1,080	0,999
27	22 MAYIS 2016	1,065	1,124	1,203	0,993	1,177	1,217
28	23 MAYIS 2016	1,265	1,181	1,096	1,108	1,214	1,008
29	23 MAYIS 2016	1,171	1,219	1,279	0,801	1,326	1,270
30	23 MAYIS 2016	0,691	1,305	1,101	1,062	1,328	1,250
31	24 MAYIS 2016	1,285	1,186	1,065	1,102	1,086	1,159
32	24 MAYIS 2016	1,207	1,077	1,265	1,107	1,001	1,093
33	24 MAYIS 2016	0,965	1,071	1,057	1,058	0,906	0,935
34	25 MAYIS 2016	1,242	1,091	1,270	0,716	0,694	0,838
35	25 MAYIS 2016	0,824	1,090	1,064	1,129	1,216	1,077
36	26 MAYIS 2016	1,278	1,217	1,441	1,084	1,092	1,277
37	7 HAZİRAN 2016	0,980	1,060	0,950	1,100	0,870	1,070
38	8 HAZİRAN 2016	1,050	1,080	1,050	1,000	0,950	1,040
39	9 HAZİRAN 2016	1,130	1,070	1,280	0,750	0,900	1,140
40	23 HAZİRAN 2016	1,320	1,170	0,800	1,200	1,210	1,330
41	23 HAZİRAN 2016	1,140	1,130	0,990	0,750	0,980	0,940
42	24 HAZİRAN 2016	1,370	1,350	1,510	1,390	1,180	1,190
43	4 TEMMUZ 2016	0,940	1,450	1,420	1,320	1,370	1,170
44	5 TEMMUZ 2016	1,190	1,010	1,360	1,240	1,280	0,970
45	5 TEMMUZ 2016	0,840	0,850	1,180	1,100	1,050	1,160
46	5 TEMMUZ 2016	1,170	1,270	1,320	1,260	1,290	1,150
47	6 TEMMUZ 2016	1,310	1,000	1,070	1,290	1,110	1,140
48	6 TEMMUZ 2016	1,150	1,230	1,270	1,280	1,250	0,970
49	6 TEMMUZ 2016	1,210	1,220	0,910	1,170	1,370	1,030
50	7 TEMMUZ 2016	1,120	0,840	0,890	0,870	0,950	0,680
51	7 TEMMUZ 2016	0,900	1,030	1,180	0,730	1,260	1,090
52	7 TEMMUZ 2016	1,090	1,190	1,260	1,330	1,060	1,190
53	17 TEMMUZ 2016	1,330	1,310	1,260	1,130	1,280	1,020
54	18 TEMMUZ 2016	1,230	1,420	1,240	1,270	1,190	1,210
55	18 TEMMUZ 2016	0,860	1,160	1,270	1,260	1,210	1,000
56	18 TEMMUZ 2016	0,950	0,870	1,200	1,270	1,320	1,280
57	19 TEMMUZ 2016	1,180	1,200	1,220	0,890	1,220	1,120
58	19 TEMMUZ 2016	1,310	1,220	1,360	1,240	1,110	1,220
59	19 TEMMUZ 2016	1,070	1,220	1,320	1,020	1,050	0,900
60	20 TEMMUZ 2016	1,060	1,170	1,200	1,190	1,390	1,110
61	20 TEMMUZ 2016	1,120	1,340	1,310	1,230	1,360	1,010
62	20 TEMMUZ 2016	1,230	1,130	1,350	1,070	1,360	1,070
63	21 TEMMUZ 2016	1,230	1,130	1,350	1,070	1,360	1,070
64	21 TEMMUZ 2016	1,270	1,230	0,870	1,110	0,700	1,230
65	21 TEMMUZ 2016	1,140	1,210	1,050	1,430	1,330	1,180

VİDA TUTMA DİRENCİ DEĞERLERİ (Newton) (MAYIS-HAZİRAN-TEMMUZ AYLARI)				
NO	TARİH	PARÇA NO		
		X1	X2	X3
1	1 MAYIS 2016	890	734	868
2	1 MAYIS 2016	997	827	908
3	1 MAYIS 2016	920	816	1037
4	2 MAYIS 2016	875	821	954
5	2 MAYIS 2016	860	649	798
6	2 MAYIS 2016	883	765	818
7	3 MAYIS 2016	884	705	721
8	3 MAYIS 2016	907	680	865
9	3 MAYIS 2016	831	699	683
10	4 MAYIS 2016	980	698	929
11	4 MAYIS 2016	864	842	865
12	4 MAYIS 2016	795	858	818
13	5 MAYIS 2016	799	808	841
14	5 MAYIS 2016	762	762	982
15	6 MAYIS 2016	685	674	669
16	6 MAYIS 2016	892	657	813
17	6 MAYIS 2016	993	888	666
18	7 MAYIS 2016	827	690	515
19	7 MAYIS 2016	827	722	723
20	7 MAYIS 2016	817	765	711
21	8 MAYIS 2016	794	729	870
22	8 MAYIS 2016	644	688	776
23	9 MAYIS 2016	942	590	692
24	9 MAYIS 2016	837	763	543
25	9 MAYIS 2016	773	836	910
26	10 MAYIS 2016	806	750	812
27	22 MAYIS 2016	619	647	558
28	23 MAYIS 2016	823	590	654
29	23 MAYIS 2016	682	818	666
30	23 MAYIS 2016	866	707	700
31	24 MAYIS 2016	865	651	708
32	24 MAYIS 2016	672	670	665
33	24 MAYIS 2016	761	832	750
34	25 MAYIS 2016	772	657	725
35	25 MAYIS 2016	746	696	810
36	26 MAYIS 2016	690	732	601
37	7 HAZİRAN 2016	731	872	734
38	8 HAZİRAN 2016	828	777	870
39	9 HAZİRAN 2016	979	1063	800
40	23 HAZİRAN 2016	874	538	814
41	23 HAZİRAN 2016	672	665	731
42	24 HAZİRAN 2016	680	597	761
43	4 TEMMUZ 2016	833	865	792
44	5 TEMMUZ 2016	881	734	723
45	5 TEMMUZ 2016	802	736	882
46	5 TEMMUZ 2016	816	794	700
47	6 TEMMUZ 2016	757	686	755
48	6 TEMMUZ 2016	798	737	675
49	6 TEMMUZ 2016	780	674	803
50	7 TEMMUZ 2016	603	812	548
51	7 TEMMUZ 2016	733	644	799
52	7 TEMMUZ 2016	741	797	698
53	17 TEMMUZ 2016	763	575	566
54	18 TEMMUZ 2016	770	677	574
55	18 TEMMUZ 2016	821	879	800
56	18 TEMMUZ 2016	681	762	784
57	19 TEMMUZ 2016	682	675	660
58	19 TEMMUZ 2016	677	639	682
59	19 TEMMUZ 2016	552	679	632
60	20 TEMMUZ 2016	793	610	737
61	20 TEMMUZ 2016	633	687	653
62	20 TEMMUZ 2016	797	695	743
63	21 TEMMUZ 2016	652	741	699
64	21 TEMMUZ 2016	652	650	660
65	21 TEMMUZ 2016	587	574	542

ZIMPARA ÇIKIŞI KALINLIK DEĞERLERİ (MAYIS-HAZİRAN-TEMMUZ AYLARI)							
NO	TARİH	PARÇA NO					
		X1	X2	X3	X4	X5	X6
1	1 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
2	1 MAYIS 2016	17,82	17,85	17,87	17,87	17,88	17,87
3	1 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
4	2 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
5	2 MAYIS 2016	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
6	2 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
7	3 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
8	3 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
9	3 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
10	4 MAYIS 2016	17,95	17,88	17,92	17,92	17,92	17,94
11	4 MAYIS 2016	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95	17,95
12	4 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
13	5 MAYIS 2016	17,93	17,86	17,88	17,94	17,96	17,97
14	5 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
15	6 MAYIS 2016	17,75	17,71	17,70	17,70	17,70	17,72
16	6 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
17	6 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
18	7 MAYIS 2016	17,94	17,92	17,92	17,92	17,94	17,96
19	7 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
20	7 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
21	8 MAYIS 2016	17,93	17,89	17,91	17,95	17,98	18,00
22	8 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
23	9 MAYIS 2016	18,00	17,86	17,86	17,87	17,87	17,86
24	9 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
25	9 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
26	10 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
27	22 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
28	23 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
29	23 MAYIS 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
30	23 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
31	24 MAYIS 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
32	24 MAYIS 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
33	24 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
34	25 MAYIS 2016	17,75	17,75	17,75	17,75	17,75	17,75
35	25 MAYIS 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
36	26 MAYIS 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
37	7 HAZİRAN 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
38	8 HAZİRAN 2016	17,80	17,70	17,80	17,80	17,80	17,80
39	9 HAZİRAN 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
40	23 HAZİRAN 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
41	23 HAZİRAN 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
42	24 HAZİRAN 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
43	4 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
44	5 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
45	5 TEMMUZ 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
46	5 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
47	6 TEMMUZ 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
48	6 TEMMUZ 2016	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90	17,90
49	6 TEMMUZ 2016	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70
50	7 TEMMUZ 2016	17,85	17,85	17,90	17,90	17,90	17,90
51	7 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
52	7 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
53	17 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
54	18 TEMMUZ 2016	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70
55	18 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
56	18 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
57	19 TEMMUZ 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
58	19 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
59	19 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
60	20 TEMMUZ 2016	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85	17,85
61	20 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
62	20 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
63	21 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
64	21 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
65	21 TEMMUZ 2016	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80

EK-C. Kontrol diyagramı katsayıları ($2 \leq n \leq 15$ için)

	$\bar{X}$ Diyagramı				σ Diyagramı					R Diyagramı				
Örnek Hacmi (n)	Kontrol Limitleri İçin Katsayılar				MD için katsayılar	Kontrol Limitleri İçin Katsayılar				MD için katsayılar	Kontrol Limitleri İçin Katsayılar			
	A	A ₁	A ₂	A ₃	C ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2,121	3,760	1,880	2,659	0,5642	0	1,842	0	3,267	1,128	0	3,686	0	3,267
3	1,732	2,394	1,023	1,954	0,7236	0	1,858	0	2,568	1,693	0	4,358	0	2,575
4	1500	1880	0,729	1,628	0,7979	0	1,808	0	2,266	2,059	0	4,698	0	2,282
5	1,342	1,596	0,577	1,427	0,8407	0	1,756	0	2,089	2,326	0	4,918	0	2,115
6	1,225	1,410	0,483	1,287	0,8686	0,026	1,711	0,030	1,970	2,534	0	5,078	0	2,004
7	1,134	1,277	0,419	1,182	0,8882	0,105	1,672	0,118	1,882	2,704	0,205	5,203	0,076	1,924
8	1,061	1,175	0,373	1,099	0,9027	0,167	1,638	0,185	1,815	2,847	0,387	5,307	0,136	1,864
9	1,000	1,094	0,337	1,032	0,9139	0,219	1,609	0,239	1,761	2,970	0,546	5,394	0,184	1,816
10	0,949	1,028	0,308	0,975	0,9227	0,262	1,584	0,284	1,716	3,078	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,973	0,285	0,927	0,9300	0,299	1,561	0,321	1,679	3,173	0,812	5,534	0,256	1,744
12	0,866	0,925	0,266	0,886	0,9359	0,331	1,541	0,354	1,646	3,258	0,924	5,592	0,284	1,716
13	0,832	0,884	0,249	0,850	0,9410	0,359	1,523	0,382	1,618	3,336	1,026	5,646	0,308	1,692
14	0,802	0,840	0,235	0,817	0,9453	0,384	1,507	0,406	1,594	3,407	1,121	5,693	0,329	1,671
15	0,775	0,816	0,223	0,789	0,9490	0,406	1,492	0,428	1,572	3,472	1,207	5,737	0,348	1,652

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Rıfat KURT
Doğum Yeri ve Tarihi : Domaniç/10.04.1985

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Zonguldak Karaelmas Üniversitesi/Bartın Orman Fakültesi/Orman Endüstri Mühendisliği
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi/Orman Endüstri Mühendisliği ABD
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyet/ Yayınlar : Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E. ve Çabuk, Y. (2017). Yapay Sinir Ağları ile öngörü modellemesi: Türkiye kağıt-karton sanayi örneği. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19(2): 99-106.

Kurt, R., Karayılmazlar, S. ve Çabuk, Y. (2016). Important Non-Wood Forest Products in Turkey: An econometric analysis. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 6(6): 1245-1248.

İş Deneyimi

Stajlar : TEMO Mobilya, İnegöl/Bursa
KAPSAN Kaplama, Düzce
Projeler ve Kurs Belgeleri : Batı Karadeniz Gemi İnşa ve Entegre Sanayii Sektör Analizi. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı Projesi (BAKKA), Araştırmacı, 30/01/2013 - 18/03/2013.
Çalıştığı Kurumlar : Bartın Üniversitesi

İletişim

E-Posta Adresi : rkurt@bartin.edu.tr

Tarih : 15/01/2018 (Tez sınav tarihi)